प्राकृतिक भूवृत्त

PHYSIOGRAPHY

इन्द्री मे विशिष्ट अध्ययन

PHYSIO G

लक्ष्मीनारायण अग्रवाल
अस्पताल रोड, आगरा—३

प्राकृतिक भूवृत्त

I0GRAPHY

चित्रों, अनुकृतियों एवं फोटो ब्लाकों से युक्त
विस्तृत एवं तुलनात्मक विशेष अध्ययन

1967 Edition

Hindi Translation of Third Thoroughly Revised Edition of Physiography by Rollin D Salisbury

मूल्य . तीस रुपये

दुर्गा प्रिंटिंग वर्क्स, आगरा–४

प्रकाशकीय

सुप्रसिद्ध भूगोलवेत्ता रौलिन डी. सेलिसबरी कृत 'PHYSIOGRAPHY' के तृतीय अंग्रेजी संस्करण का हिन्दी अनुवाद प्रस्तुत करते हुए हमे अत्यन्त हर्ष है। विद्वजन पाठको के विशिष्ट अनुरोध एव प्रेरणा पर ही यह दुरूह कार्य आरम्भ हुआ और वर्षो के अथक परिश्रम के पश्चात आज यह उनके समक्ष अध्ययन हेतु प्रस्तुत है। इसका अनुवाद श्री वशीधरसिंह, प्रिंसिपल, बलवन्त राजपूत ट्रेनिंग कालेज ने जिस तन्मयता एवं लगन से पूरा किया, उसके लिए हम उनके अभारी हैं; किन्तु श्री विशम्भरनाथ गर्ग को धन्यवाद दिये बिना भी इस वक्तव्य की इतिश्री नही की जा सकती, जिन्होने सम्पूर्ण पाण्डुलिपि को पढ़-लिखकर प्रेस-कॉपी का रूप प्रदान किया।

—प्रकाशक

विषय-सूची

भाग १

स्थलमण्डल

१

उद्भृत आकृतियाँ

२

वायुमण्डल का कार्य

३

भूमिगत-जल की क्रिया

पृष्ठ

४

बहते हुए जल की क्रिया

६

झीले और तट

७

ज्वालामुखीय क्रिया

८

भूपटल-संचलन—पटल-विरूपण

९

प्राकृतिक भूवृत्तिक आकृतियों का उद्भव एवं इतिहास

१८

मौसम के मानचित्र, तूफान

१९

जलवायु

पृष्ठ

भाग ४

महासागर

२०

सामान्य तथ्य

२१

सागर के जल का संचलन

२२

जीवन—तलछट—सम्वन्ध

PLATES

विषय-प्रवेश

प्राकृतिक भूवृत्त-विज्ञान की परिभाषा अनेक प्रकार से की गयी है। यद्यपि इस बात पर आज भी पर्याप्त मतभेद है कि इस विज्ञान की ठीक-ठीक सीमाएँ कहाँ तक निश्चित की जाएँ, फिर भी, कम से कम, इस विषय के विद्वानो के परिवार मे, एक प्रबल विचारधारा के अनुसार प्राकृतिक भूवृत्त को प्राकृतिक भूगोल (Physical Geography) का पर्यायवाची माना जाता है। कुछ विद्वानो द्वारा तो प्राकृतिक भूवृत्त की सीमाएँ अत्यन्त सकुचित कर दी गयी है और इसे केवल स्थल का प्राकृतिक भूगोल माना गया है। इगलैण्ड मे प्राकृतिक भूवृत्त को प्राय विज्ञान की एक सामान्य भूमिका माना गया है और इसमे सभी भौतिक (physical) तथा जीव-विज्ञान सम्बन्धी (biological) विज्ञानो के तत्त्वो का समावेश कर लिया गया है।

यदि प्राकृतिक भूवृत्त को प्राकृतिक भूगोल का पर्यायवाची मान लिया जाए, तो इसके क्षेत्र मे (१) पृथ्वी का ठोस आवरण अर्थात् **स्थलमण्डल** (Lithosphere), (२) पृथ्वी का जलभाग अर्थात् **जलमण्डल** (Hydrosphere), और (३) हवा अर्थात् **वायुमण्डल** (Atmosphere) सम्मिलित किये जाने चाहिए। किन्तु प्राकृतिक भूवृत्त मे इन विभिन्न मण्डलो का पूर्ण रूप मे अध्ययन नही किया जाता है। वायु-मण्डल का विज्ञान **ऋतु-विज्ञान** (Meteorology) कहलाता है; महासागर का विज्ञान, जिसमें जलमण्डल की अधिकाश जलराशि शामिल है, **सागर-विज्ञान** (Oceanography) के अन्तर्गत आता है, और सामान्य रूप मे जल-विज्ञान को **जल-वर्णना** (Hydrography) कहा जाता है। स्थलमण्डल के पूर्ण अध्ययन मे अनेक विज्ञान शामिल हैं, जिन सबको उस विस्तृत भू-भौतिकी (Geology) का अग माना जा सकता है, जिसे कुछ सीमा तक स्थलमण्डल के ही समान, वायुमण्डल और जल-मण्डल का भी अध्ययन करना पडता है।

प्राकृतिक भूवृत्त के विषय मे कहा जा सकता है कि वह **वायुमण्डल का अध्ययन** केवल वही तक करता है जहाँ तक कि वायुमण्डल स्थल, जल और जीवन को प्रभावित करता है। **जल के अध्ययन** को भी वह मुख्यत स्थल और जीवन के सम्बन्धो मे ही करता है। जहाँ तक **स्थलमण्डल** का सम्बन्ध है, प्राकृतिक भूवृत्त केवल उसके तल का ही अध्ययन करता है और यह अध्ययन भूतल के सामान्य विवरण से अधिक होता है। इस अध्ययन मे उन अवस्थाओ और प्रक्रियाओ (processes) का भी विचार किया जाता है जिन्होने भूतल को इस वर्तमान दशा [illegible]ाया है। ये प्रक्रियाएँ प्रधानत: जल और वायु तथा उनके द्वारा प्रभावित [illegible]ी क्रियाओं के फलस्वरूप है। किन्तु दूसरे तत्त्व भी, जैसे ज्वालामुखीय [illegible] तथा वे शक्तियाँ जो स्थलमण्डल के वाह्य भाग को क्रमश विकुचित

(warping) करती रहती है, इसमे सम्मिलित है। दूसरे शब्दो में, यह कहा जा सकता है कि प्राकृतिक भूवृत्त का सम्बन्ध मुख्यत स्थलमण्डल के तल तथा तल के साथ वायु एव जल के सम्बन्धो से होता है। इसका क्षेत्र वायु, जल और स्थल का स्पर्श-क्षेत्र (zone of contact) है।

प्राकृतिक भूवृत्त, भू-भौतिकी (भूतत्त्व—Geology) से सर्वथा भिन्न नही है। भू-भौतिकी पृथ्वी के इतिहास का अध्ययन करती है जबकि प्राकृतिक भूवृत्त उस इतिहास के एक अन्तिम अध्याय—अर्थात् वर्तमान धरातल के इतिहास—का ही अध्ययन करता है। अतीत के प्रत्येक युग का अपना प्राकृतिक भूवृत्त रहा है, और यदि उन क्रमिक प्राकृतिक भूवृत्तो का पूर्ण इतिहास ज्ञात हो सके तो यही इतिहास अधिकाश मे पृथ्वी का इतिहास होगा।

प्राकृतिक भूवृत्त का भूगोल से भी घनिष्ठ सम्बन्ध है, किन्तु यह विज्ञान भूगोल से इस बात मे भिन्न है कि यह प्रधानत स्थलमण्डल, वायुमण्डल और जलमण्डल के सम्बन्धो एव उन सम्बन्धो के प्राकृतिक परिणामो का अध्ययन करता है, जबकि इसके विपरीत, भूगोल, प्राकृतिक भूगोल से भिन्न, प्रधानत पृथ्वी पर निवास करने वाले प्राणियो के जीवन एव उनके समुदायो का ही (मानवीय उद्योगो सहित) जिन पर प्राकृतिक दशाओ, यथा—तल-रूप (Topography), जलवायु, प्राकृतिक ससाधनो, आदि, के पडने वाले प्रभावो सहित अध्ययन करता है। प्राकृतिक भूवृत्त (Physiography) को भूगोल का एक अग विशेष अर्थात् प्राकृतिक भूगोल (Physical Geography) कहा जा सकता है और साथ ही साथ इसे भू-भौतिकी (Geology) का एक विशेष अध्याय अर्थात् अन्तिम अध्याय कहा जा सकता है, क्योकि प्राकृतिक भूगोल जीवन के वितरण और उसकी समस्त क्रियाओ को प्रभावित करता है, अत उसके अध्ययन मे यह सर्वथा युक्तिसगत होगा कि उसके जीव-विज्ञान सम्बन्धी (biological) और ऐतिहासिक (historical) प्रभावो पर भी ध्यान दिया जाए।

यद्यपि स्थलमण्डल, जलमण्डल और वायुमण्डल एक-दूसरे से सर्वथा भिन्न प्रतीत होते है, किन्तु फिर भी वास्तविक रूप मे वे उतने भिन्न नही है जितने कि वे प्रतीत होते है, क्योकि, यद्यपि जलमण्डल का बडा भाग सागरो, झीलो और नदियो के रूप मे व्याप्त है, किन्तु उसका एक उल्लेखनीय भाग मिट्टी और चट्टानो मे भी प्रविष्ट रहता है तथा जल का कुछ छोटा भाग सदैव वाष्प रूप मे वायुमण्डल मे भी विद्यमान रहता है। अत जल, नीचे स्थलमण्डल और ऊपर वायुमण्डल, दोनो ही की सीमाओ का अतिक्रमण करता है। इसी प्रकार वायुमण्डल का एक भाग स्थल की मिट्टी और चट्टानो के भीतर प्रविष्ट हो जाता है और एक भाग सागरो, झीलो तथा नदियो के जल मे भी मिला रहता है। और, स्थलमण्डल का ठोस पदार्थ नदियो, झीलो आदि मे जल के साथ मिला रहता है तथा उन्हे प्राय गँदला बनाये रखता है। धूल-कण तो सदा ही वायुमण्डल में व्याप्त रहते है। इस प्रकार दूसरे की सीमाओं का अतिक्रमण करते हुए भी तीनो मण्डल इतने स्पष्ट है कि बीच की सीमाएँ नियमत अत्यन्त स्पष्ट ही है।

भाग १

स्थलमण्डल

THE LITHOSPHERE

१

उद्भृत आकृतियाँ
(RELIEF FEATURES)

भूपटल का प्राय: तीन-चौथाई भाग (लगभग ७२ प्रतिशत) महासागरो से ढका हुआ है और केवल एक-चौथाई से कुछ अधिक भाग समुद्र-तल से ऊँचा उठकर स्थल भाग (land) बनाता है। महासागरो मे जल की मात्रा इतनी अधिक है कि यदि भूपटल को एक सामान्य तल पर कर दिया जाए, अर्थात् जल से बाहर उठे हुए भागो को बराबर कर दिया जाए, और उस पदार्थ को जल की गहराइयो मे डाल दिया जाए तो कोई भी स्थल भाग शेष न बचेगा, और भूपटल पर एक सर्वव्यापी सागर होगा, जिसकी गहराई लगभग ३½ किलोमीटर (२ मील) होगी। अतएव भूपटल पर स्थलखण्डो की उपस्थिति इसी कारण से सम्भव है कि पृथ्वी के ठोस भाग का धरातल समतल नही है और जल निचले भागो मे एकत्र हो गया है।

यदि हम सागरो को दृष्टि मे न रखकर पृथ्वी के ठोस धरातल को देख सके तो हमे उसके वास्तविक स्वरूप को समझने मे सहायता मिलेगी। किन्तु यहाँ एक विशेष बात यह है कि सागरो को दृष्टि मे ओझल नही किया जा सकता है। अत धरातल का कुछ आभास पृथ्वी की एक ऐसी उद्भृत प्रतिकृति (relief model) से प्राप्त हो सकती है जिसमे जल भाग न दिखाया गया हो (चित्र १ और २); अथवा, यदि ऐसी प्रतिकृति प्राप्त न हो तो सागरो के उद्भृत मानचित्र और चार्ट काम दे सकते है।

प्रथम क्रम की उद्भृत आकृतियाँ
(Relief Features of the First Order)

स्थलमण्डल के धरातल की सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण विशेषता वह व्यतिरेक (contrast—असमानता) है जो इसके विशाल गड्ढो और विस्तृत ऊँचाइयो के मध्य पाया जाता है। इन विशाल गड्ढो को हम सागर-द्रोण (ocean basins) और विस्तृत ऊँचाइयों को स्थल-मच (continental platforms) कहते है। स्थल-मच और सागर-द्रोण प्रथम क्रम की स्थल-रूपरेखीय आकृतियाँ (topographic features of the first order—तल के रूप को प्रकट करने वाली प्रथम क्रम की आकृतियाँ) है। उनके मध्य की यह असमानता इस कारण और भी अधिक हो जाती है कि प्राय सभी स्थानो पर एक-दूसरे के बीच प्रपाती ढाल (steep slopes) है। अर्थात् स्थल-

मच से सागर-द्रोण की ओर देखने पर अवरोही (नीचे की ओर जाने वाला) उतार (descent) और सागर-द्रोण से स्थल-मच की ओर देखने पर आरोही (ऊपर की ओर चढने वाला) चढाव (ascent) पाया जाता है (चित्र १, २ और ३)।

Fig. 1

Photograph of the Jones Relief Globe, showing the North Atlantic Basin depressed notably below the continents about it The vertical scale of the globe is exaggerated

Fig. 2

Photograph of the Jones Relief Globe, showing the basin of the Indian Ocean, with its distinctly marked borders on all sides but the South.

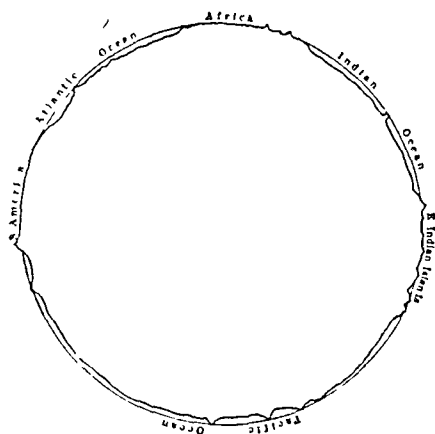



Fig 3

A diagrammatic section of the earth about the equator, showing the elevated segments (continents) and the depressed segments (ocean basins) Vertical scale × 40. (*Based on section in Stanford's Atlas of Universal Geography*)

सागर-द्रोण तथा स्थल-मच भूपटल के तल को परस्पर विभाजित किये हुए है। द्रोण (basin) तथा मच (platform) दोनो ही आकृति तथा वितरण मे अनियमित (irregular) है। ऊपर उठे हुए भूभाग का अधिकाश भाग उत्तरी गोलार्द्ध मे है, जबकि अत्यधिक नीचे धँसे हुए क्षेत्र (depressed areas) दक्षिणी गोलार्द्ध मे है।

महाद्वीपो की अपेक्षा स्थल-मच कुछ अधिक बड़े है (चित्र ३) और सागरो की अपेक्षा सागर-द्रोण कुछ छोटे है। सागर क्षेत्रफल (३७,००,००,००० वर्ग किलोमीटर से अधिक) स्थल क्षेत्रफल (लगभग १४,००,००,००० वर्ग किलोमीटर) का प्राय तिगुना है, किन्तु वास्तविक

सागर-द्रोण का क्षेत्रफल (प्राय. ३४,४४,७०,००० वर्ग किलोमीटर) स्थल-मंचो के क्षेत्रफल (प्राय. १६,६०,००,००० वर्ग किलोमीटर) का केवल दुगुना ही है। इन दोनो के क्षेत्रफल की भिन्नता का कारण यह है कि जितना जल वास्तविक सागर-द्रोण धारण कर सकते है उससे कही अधिक जल पृथ्वी पर है। यह अधिक जल द्रोणो के किनारो पर चढ़ जाता है और स्थल-मचों के निचले किनारो पर, जिन्हे महाद्वीपीय मग्न-तट (continental shelf) कहते है, फैल जाता है (चित्र ४)। इस प्रकार से स्थल-मंचो के तटो पर प्राय: २,५६,००,००० वर्ग किलोमीटर का क्षेत्रफल उथले जल में डूबा हुआ है। परिणामस्वरूप, महाद्वीपों का क्षेत्रफल स्थल-मंच के क्षेत्रफल से उतनी ही मात्रा मे कम हो गया है जितनी कि मात्रा में दूसरी ओर महासागरो का क्षेत्रफल महासागरीय द्रोणो के क्षेत्रफल से बढ़ा है। जो जल स्थल-मचो के निचले तटो पर फैला हुआ है उसे महाद्वीपस्थ सागर (epicontinental sea) कहते हैं।

Fig. 4

Diagram to show the distinction between an elevated continental segment and an ocean basin. The steep slope (much exaggerated) at the left of the ocean basin is the line of contact between the two, and is the real border of the continental segment. The ocean covers the lower part of the continental segment, namely, the continental shelf. The diagram also shows the general relation between low mountains, such as the Appalachians, a low plateau, and a coastal plain. The continental shelf is seen to be a continuation of the coastal plain.

यदि समस्त स्थलखण्डों को, विना उनके क्षेत्रफल और उनमे स्थित पदार्थों की मात्रा को वढ़ाये अथवा घटाये, एक सामान्य स्तर (level) पर कर दिया जाए तो उनकी ऊँचाई सागर-तल से लगभग ७०० मीटर (२,३०० फुट) ऊपर होगी; और यदि सागर की तली (bottom—नितल) को एक सामान्य स्तर पर कर दिया जाए और उसका क्षेत्रफल वर्तमान क्षेत्रफल के तुल्य ही रहे, तो सभी स्थानो पर जल की गहराई ३,६०० मीटर और ४,००० मीटर के मध्य होगी। इस प्रकार स्थल की सामान्य औसत ऊँचाई (average height) सागर-तल से ऊपर लगभग ८०० मीटर से कुछ ही कम है, जवकि सागर-नितल (ocean bottom) की सामान्य गहराई सागर-तल (sea-level) से नीचे ४,००० मीटर से कम नही है। इस प्रकार से स्थल-मचो (continental platforms) और सागर-द्रोणों (ocean basins) की सामान्य ऊँचाई का अन्तर लगभग ४,८०० मीटर है। दूसरे शब्दो में, इसी को यों कहा जा सकता है कि पृथ्वी

के ठोस भाग का लगभग दो-तिहाई भाग शेप एक-तिहाई भाग से लगभग ४,८०० मीटर नीचा है। यह ४,८०० मीटर की नाप पृथ्वी की त्रिज्या (radius) के १/१३००वे भाग से कुछ ही कम है।

स्थल-मचो और सागर-द्रोणो दोनो ही के तल (surfaces) विपम (uneven—ऊबड-खावड) है जिसके परिणामस्वरूप अधिकतम विषमता स्थलमण्डल के तल मे ४,८०० मीटर से भी अधिक है। तल का निम्नतम विन्दु, फीजी द्वीपसमूह के निकट, सागर-तल से लगभग ९,६०० मीटर नीचा है, जबकि उसका उच्चतम विन्दु (हिमालय पर्वत की एवरेस्ट चोटी) प्राय उतना ही (लगभग ९,०५० मीटर) सागर-तल से ऊँचा है। अत स्थलमण्डल की अधिकतम विपमता १९ ३ किलोमीटर है। यह माप पृथ्वी की त्रिज्या का १/३३०वाँ भाग है। सागर-द्रोणो के उन भागो का क्षेत्रफल, जो ९ ०५ किलोमीटर की गहराई तक पहुँचते है, विस्तार मे अति सीमित है, और जो स्थल ९ ०५ किलोमीटर की ऊँचाई तक पहुँचते है, उनका क्षेत्रफल विन्दुओ (points) से अधिक नही है।

स्थलमण्डल के उच्चावचन (relief—उभार) का कुछ आभास निम्नाकित सारणी (table) से मिलता है

		पृथ्वी के सम्पूर्ण क्षेत्रफल का लगभग प्रतिशत
सागर-तल से १,८०० मीटर से अधिक ऊँचे स्थल का क्षेत्रफल	...	२·३
सागर-तल से १,८०० मीटर से १८० मीटर तक ऊँचे स्थल का क्षेत्रफल	...	१८ ६
सागर-तल से १८० मीटर तक ऊँचे स्थल का क्षेत्रफल	...	६·९
१८० मीटर से कम गहरे सागर का क्षेत्रफल	...	७·०
१८० मीटर से १,८०० मीटर तक की गहराई के सागर का क्षेत्रफल	...	७·०
१,८०० मीटर से ३,६०० मीटर तक की गहराई के सागर का क्षेत्रफल	...	१४·८
३,६०० मीटर से ५,४०० मीटर तक की गहराई के सागर का क्षेत्रफल	...	३९·४
५,४०० मीटर से अधिक गहराई के सागर का क्षेत्रफल	...	३ १

इस सारणी से स्पप्ट है कि स्थलमण्डल का आधे से अधिक भाग सागर-तल से १ ६ किलोमीटर से अधिक नीचे है।

निम्नाकित सारणी सागर-तल से विभिन्न ऊँचाइयो पर स्थित स्थल के अनुपात को प्रकट करती है

		स्थल का प्रतिशत	
१८० मीटर से कम ऊँचा	...	लगभग	२१ ९०
१८० मीटर से ४५० मीटर तक ऊँचा	...	लगभग	२१ ६३
४५० मीटर से ९०० मीटर के बीच ऊँचा	...	लगभग	२१ ३४
९०० मीटर से १,८०० मीटर के बीच ऊँचा	...	लगभग	१९·५१
१,८०० मीटर से ३,६०० मीटर के बीच ऊँचा	...	लगभग	१२ ३४
३,६०० मीटर से ५,४०० मीटर के बीच ऊँचा	...	लगभग	२ ९५
५,४०० मीटर से ऊपर	...	लगभग	·३३

इस सारणी से स्पष्ट है कि प्राय दो-तिहाई स्थल भाग सागर-तल से ९०० मीटर (३,००० फुट) से कम ऊँचा है। प्रायः ६/१० स्थल भाग ५०० मीटर (१,६४० फुट) से कम ऊँचा है और पृथ्वी की अधिकाश जनसंख्या इसी भाग पर रहती है। सारणी मे दिखाये गये तथ्यो का निरूपण निम्न चित्र मे किया गया है।

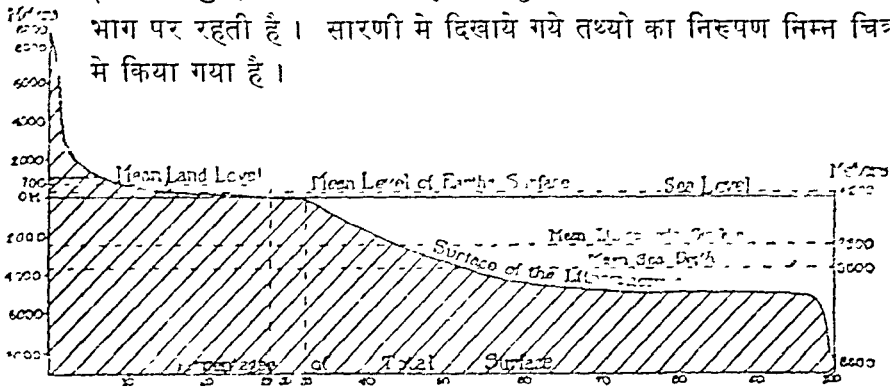



Fig. 5

Diagram showing the relative areas of the lithosphere at various levels above and below sea-level Less than 10 per cent of the lithosphere is as much as 700 metres above the sea, and only 28 per cent is above the sea About half the total surface of the lithosphere is more than 3,500 metres below sea-level The diagram also shows that the mean surface of the lithosphere is about 2,300 metres below sea-level, the mean ocean depth about 3,500 metres, and the mean elevation of the land above the sea-level about 700 metres. (*After Wagner*)

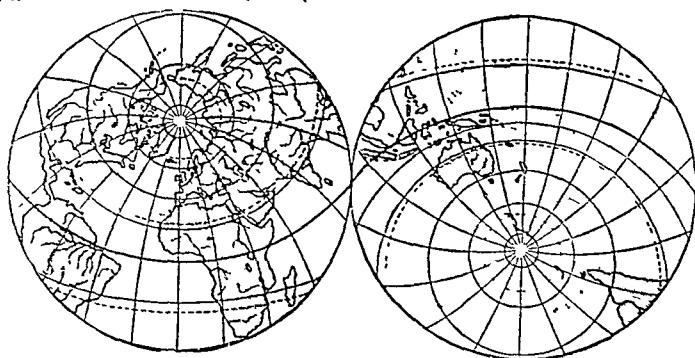
स्थल-मंच (The continental platforms)—साधारणतया मान्यता-प्राप्त महाद्वीपीय भूखण्ड निम्नलिखित है .

(१) यूरेशिया, (२) अफ्रीका, (३) उत्तरी अमरीका, (४) दक्षिणी अमरीका, और (५) आस्ट्रेलिया, जिसमे उत्तर की ओर स्थित न्यूगिनी भी सम्मिलित है। ये उभरे हुए खण्ड महाद्वीपो के रूप मे मान्य है। इनके अतिरिक्त अन्य इनसे छोटे किन्तु फिर भी विशाल खण्ड भूपटल पर स्थित है जिन्हे साधारणतया महाद्वीपीय खण्ड नही माना जाता है। इनमे सबमे बडा है (६) अण्टार्कटिका, जिसे सम्भवत. एक महाद्वीप माना जाना चाहिए, और (७) ग्रीनलैण्ड, जिसे सभी एक द्वीप मानते है। सामान्यत· द्वीप प्रथम कोटि की उद्भूत आकृतियो (relief features) मे नही गिने जाने चाहिए। इनका वर्णन अन्यत्र किया जाएगा।

स्थल-मंचो और सागर-द्रोणों की अविच्छिन्नता और विच्छिन्नता (Continuity and discontinuity of continental platforms and oceanic basins)—ससार के उपरोक्त वड़े-वडे भूखण्ड अधिकाश मे एक-दूसरे से अलग-अलग (विच्छिन्न) ही है, जबकि सागर एक-दूसरे से जुड़े हुए (अविच्छिन्न) है तथा इनके विभिन्न भागो के नाम अलग-अलग है, जैसे अटलाण्टिक, प्रशान्त आदि। महाद्वीपीय स्थलो (continental lands) की अपेक्षा स्थल-मच प्राय· अधिक सटे हुए

(अविच्छिन्न) है, जबकि सागर-द्रोण, सागरो की अपेक्षा कम अविच्छिन्न है। इस प्रकार अमरीका महाद्वीप का उत्तर-पश्चिमी प्रोद्वर्ध (protuberance—आगे को उभरा हुआ भाग) एशिया के प्रोद्वर्ध (आगे को निकले हुए भाग) से मिला हुआ है और उत्तर-पूर्व मे यूरोप के प्रोद्वर्ध से थोडा-सा ही अलग (विच्छिन्न) है। यूरेशिया का उत्थापित मच (elevated Eurasıan platform—यूरेशिया का ऊँचा उठा हुआ मच) आस्ट्रेलिया और अफ्रीका के प्रोद्वर्धो से मिला हुआ है। महाद्वीपीय प्रोद्वर्धो मे तो केवल अण्टार्कटिका ही वास्तव मे औरो से अलग ज्ञात होता है तथा सागर-द्रोणो मे आर्कटिक-द्रोण ही विशेषत अलग है। ध्रुवीय प्रदेशो विषयक वर्तमान ज्ञान द्वारा सामान्यीकरण (generalizatıon) के आधार पर यह विशेष उल्लेखनीय है कि अधिकतम भिन्न द्रोण (ısolated basıns) उत्तरी ध्रुव के समीप और अधिकतम भिन्न प्रोद्वर्ध दक्षिणी ध्रुव के समीप स्थित है। कुछ छोटे किन्तु गहरे सागर-द्रोण, जैसे रूम-सागर और मैक्सिको की खाडी, कुछ-कुछ उसी प्रकार की भिन्नता रखते है जैसे कि ग्रीनलैण्ड और न्यूजीलैण्ड के समान कुछ बड़े द्वीपो मे है।

महाद्वीपों का वर्गीकरण (Grouping of the continents)—दक्षिणी गोलार्द्ध की अपेक्षा उत्तरी गोलार्द्ध मे दुगुनी से अधिक भूमि है। यदि पृथ्वी का विभाजन दो ऐसे गोलार्द्धो मे किया जाए कि उनके ध्रुव क्रमशः इगलैण्ड और न्यूजीलैण्ड मे हो (**चित्र ६**), तो प्रथम गोलार्द्ध मे समस्त भूमि का ६/७ भाग होगा, और इसे हम स्थल-गोलार्द्ध (land hemisphere) कह सकेगे, और, दूसरे मे भूमि का केवल १/७ भाग होगा, और इसे हम जल-गोलार्द्ध (water hemısphere) कह सकेंगे। किन्तु स्थल-गोलार्द्ध मे तल का १/२ से अधिक भाग ही जल से ढका रहेगा, जबकि जल-गोलार्द्ध मे प्राय १४/१५ भाग जल से ढका होगा (**चित्र ६**)। उत्तरी गोलार्द्ध ने सदैव मानव-

Fıg. 6

Land and Wateı hemispheres. Stereogıaphıc projectıon.

जाति के अधिकाश भाग को आश्रय दिया है क्योकि इसमे भूमि का २/३ भाग स्थित है और इसमे आर्थिक दृष्टि से फलप्रद भूमि का अनुपात भी अधिक ऊँचा है।

सयुक्त रूप से देखने पर समस्त महाद्वीप मिलकर स्थलमण्डल का एक विशाल घोड़े की नाल के आकार का प्रोद्वर्ध (horse-shoe shaped protuberance—

उठाव-आकार) बनाते है, जो एटलाण्टिक के चारो ओर हौर्न अन्तरीप (Cape Horn) से उत्तरी एव दक्षिणी अमरीका तथा यूरोप से होता हुआ अफ्रीका के उत्तमाशा अन्तरीप (Cape of Good-hope) तक फैला हुआ है, जिसका एक पर्वत-प्रक्षेप (spur) दक्षिण-पूर्व मे पूर्वी द्वीपसमूह और आस्ट्रेलिया तक फैला हुआ है।

यदि यूरोप और एशिया को दो भिन्न महाद्वीप माना जाए तो अण्टार्कटिका के अतिरिक्त महाद्वीपो का वर्गीकरण युग्मो (pairs—जोडों) में किया जा सकता है। इस दृष्टि से दोनो अमरीका पहला, यूरोप और अफ्रीका दूसरा, तथा एशिया और आस्ट्रेलिया तीसरा युग्म बनाते है। इस प्रकार विचार करने पर प्रत्येक युग्म की सर्वाधिक लम्बी रेखा साधारणतः उत्तर और दक्षिण दिशा मे है। महाद्वीपों के विषय मे प्राय. कहा गया है कि वे त्रिभुजाकार है और उनके सर्वाधिक चौड़े सिरे उत्तर मे है और शीर्ष दक्षिण की ओर है। दक्षिणी अमरीका के विषय मे यह तथ्य पूर्णरूपेण सत्य है जबकि उत्तरी अमरीका तथा अफ्रीका के विषय मे अशतः सत्य है, किन्तु यूरोप और एशिया, दोनो के विषय मे अलग-अलग अथवा संयुक्त रूप मे तथा आस्ट्रेलिया एवं अण्टार्कटिका के विषय मे यह नितान्त असत्य है।

प्रथम क्रम की उद्भृत आकृति का उद्भव (Origin of relief features of the first order)—सागर-द्रोणो और स्थल-मंचो के उद्भव (जन्म) का निश्चित ज्ञान प्राप्त नही है। यह निश्चित नही है कि वे सदैव से ही अस्तित्व मे रहे भी है या नही, और यह भी सम्भव नही है कि सागर-द्रोण सदैव से ही स्थल-मचो से उतने ही नीचे रहे हो जितने कि वे अब है; यद्यपि प्रकट रूप मे युगो से कोई परिवर्तन नही हुआ है। विद्वानो की सम्मति मे, महाद्वीपीय खण्डो के उभार की अपेक्षा सागर-द्रोणों का नीचे बैठना प्रथम क्रम की स्थल-रूपरेखीय आकृति (topographical features) के विकास-क्रम की महत्त्वपूर्ण घटना है। इस दृष्टिकोण का प्रमुख कारण यह विश्वास है कि पृथ्वी सिकुड रही है अर्थात् पृथ्वी का बाह्य भाग इसके केन्द्र के समीप आता जा रहा है। इसके परिणामस्वरूप सामान्य रूप मे तल भाग नीचे बैठेगा परन्तु फिर भी यह आवश्यक नही है कि प्रत्येक भाग नीचे बैठ ही जाए।

यदि सागर-द्रोणो का धँसाव (subsidence) ही स्थलमण्डल की विशाल उद्भृत आकृतियो (relief features) के विकास का प्रमुख कारण हो तो स्थल-मचो के विषय मे हम यह विचार कर सकते है कि नीचे बैठते हुए भागो के बीच (१) या तो स्फानाकार (wedged up) (**चित्र ७**) अथवा विकुचित (warped) हो गये है (**चित्र ८**), अथवा (२) डूबे हुए भागो (depressed parts) के डूबने से पूर्व की ही स्थिति में है (**चित्र ९ और १०**); अथवा (३) वे नीचे तो बैठे है किन्तु द्रोणों के अपेक्षाकृत कम नीचे बैठे है (**चित्र ११**)। ये सभी अवधारणाएँ (conceptions—विचार) स्थल-मचो और सागर-द्रोणो की सापेक्ष (relative) स्थितियो मे परिवर्तन सूचित करती है। इन सभी में सत्य की सम्भावना हो सकती है, और जहाँ तक ज्ञात

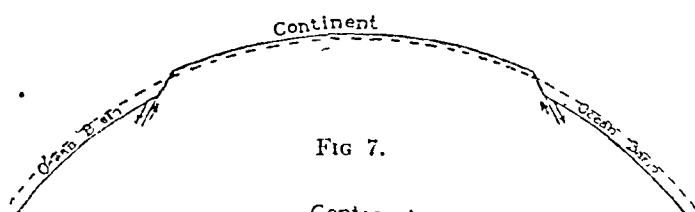
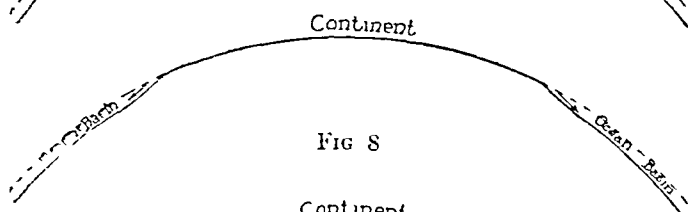
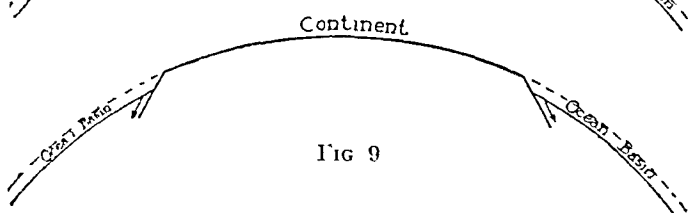
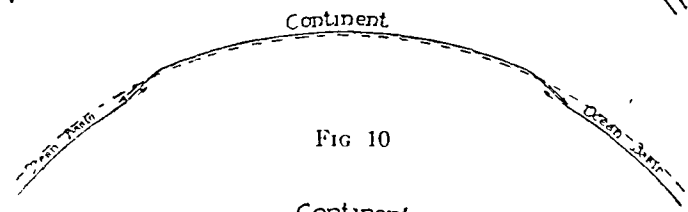



Fig 7. Fig 8 Fig 9 Fig 10 Fig 11

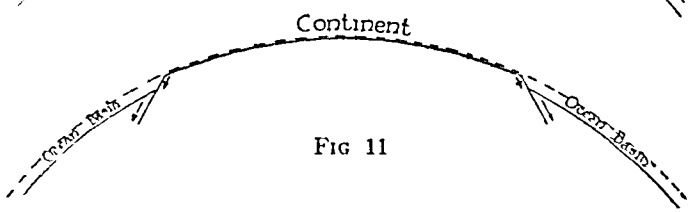



Fig. 7. Expresses diagrammatically the hypothesis that the continents were elevated and the ocean basins depressed by movement along definite sliding planes or *fault planes* The dotted line may be taken to represent a somewhat uniform original surface, which may be looked upon as a hypothetical surface before continents and ocean basins were developed The diagram represents the conception that the continents have risen above this surface, while the ocean basins have sunk below it

Fig. 8 This diagram represents the same conception as Fig 7, except that the movement was by warping instead of faulting.

Fig 9 This diagram represents the same conception as Fig 7, except that the continental segment is represented as not having risen.

Fig 10 This diagram represents the same conception as Fig. 8, except that the continental segment has not risen

Fig 11. This diagram represents the same conception as Fig. 9, except that both ocean basin and continental segment are represented as having sunk below the original level, the former much more than the latter.

है, ये सभी बाते महाद्वीपो के विकास मे हो सकती है, किन्तु आधुनिक जानकारी उनके पारस्परिक महत्त्व के विषय मे किसी निश्चित कथन के लिए पर्याप्त नही है, और न इससे प्रथम क्रम की भूम्याकृतियो (relief features) के उद्भव की अन्य अवधारणाएँ ही समाप्त हो जाती है। उदाहरण के लिए, यह सम्भव ही नही वल्कि अधिक सम्भव है कि स्थलमण्डल का तल कभी भी एकसा नही था और न प्रथम क्रम की भू-आकृतियाँ (topographical features) पूर्णत विरूपण (deformation) का ही परिणाम है।

सागर-द्रोणो और स्थल-मचो के उद्भव के विषय मे एक अवधारणा इस विचार पर भी आधारित है कि पृथ्वी एक लघु पैतृक काय (ancestral body) से अपने वर्तमान परिमाण मे अपने से वाहर के पदार्थ का सग्रह करके वढी है और यह वृद्धि सभी स्थानो पर समान नही थी। इस मत के अनुसार भूतल कभी भी एकसा नही रहा होगा। यह अवधारणा सत्य भी हो, तो भी यह सम्भव है कि पृथ्वी के वाह्य भाग की गतिविधियो ने पृथ्वी के दीर्घ इतिहास की अवधि में सागर-द्रोणो और स्थल-मचो के वीच के अन्तर को वढा दिया है।

भूतत्व के इतिहास से विदित होता है कि सागर और स्थल के क्षेत्र समय-समय पर कुछ न कुछ वदलते रहे है किन्तु यह ज्ञात नही है कि सागर-द्रोणो और स्थल-मचो की सापेक्ष स्थितियाँ उल्लेखनीय रूप मे वदली है। यदि सागर का नितल

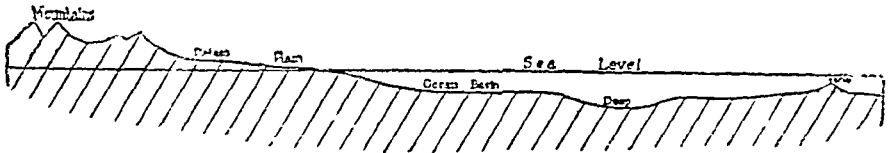



Fig. 12
Diagram to illustrate the relations of mountain, plateau, plain, ocean basin, ocean deep, etc.

नीचे वैठ जाए, तो सागर-द्रोणो मे अधिक जल समा जाएगा, और महाद्वीपस्थ सागर (epicontinental sea) का कुछ भाग स्थल-मचो के डूवे हुए भागो से हट जाएगा अर्थात् महाद्वीपीय तटो (continental shelves) से जल हट जाएगा। यदि सागर-द्रोणो का तल लगभग १८० मीटर (६०० फीट) नीचे डूव जाए, तो महाद्वीपीय मग्न-तटो (continental shelves) से जल हट जाएगा और महाद्वीपीय स्थल (continental lands) महाद्वीपीय मचो (continental platforms) के अनुरूप हो जाएँगे। दूसरी ओर यदि महाद्वीपीय भाग नीचे वैठ जाए तो सागर का जल उनके तटो को और अधिक दूरी तक डुवा देगा और भूमि का क्षेत्रफल कम हो जाएगा। भूतत्व (geology) के अध्ययन से ज्ञात होता है कि अतीत मे अनेक वार इस प्रकार के परिवर्तन हुए है जिनके कारण स्थल-मचो के निचले भाग क्रमपूर्वक जलमग्न रहकर भूमि के रूप मे परिवर्तित हुए है।

द्वितीय क्रम की उद्भृत आकृतियाँ
(Relief Features of the Second Order)

महाद्वीपो और सागर-द्रोणो के अधिक सुस्पष्ट भाग ही द्वितीय क्रम की उद्भृत आकृतियाँ है ।

स्थल की बड़ी उद्भृत आकृतियाँ (Great relief features of the land)—स्थल-मच मैदानो, पठारो और पर्वतो से निर्मित है । मैदान महाद्वीपो के निचले भूभाग है और पठार तथा पर्वत उनके ऊँचे भाग है, लेकिन इनमे से किसी को भी केवल ऊँचाई के द्वारा निर्धारित नही किया जा सकता । महाद्वीपीय स्थल का अधिकाश भाग सरलता से इन तीन विभागो मे से किसी एक मे रखा जा सकता है, किन्तु अनेक छोटे द्वीप इनमे से किसी भी कोटि मे नही आते है । इस सम्बन्ध मे जो कठिनाइयाँ आती है उन पर विचार करना यहाँ आवश्यक नही है ।

मैदान (Plains)

मैदान पृथ्वी के निचले स्थल है परन्तु समुद्र-तल से ऊँचाई के आधार पर उनका निर्धारण करना कठिन है । उनमे से कुछ समुद्र-तल से केवल कुछ ही मीटर ऊँचे है जबकि कुछ अन्य सैकडो मीटर ऊँचे है । दूसरी दशा मे वे सामान्यत समुद्र से दूर है और कम से कम एक ओर अन्य स्थलो की अपेक्षा स्पष्ट रूप से नीचे है । **चित्र १३** मे बडे मैदानो के परस्पर सम्बन्धो की कुछ जानकारी देने का प्रयास किया गया है । इससे यह स्पष्ट हो जाएगा कि मैदान समुद्र-तल से निचले पठारो अथवा निचले पर्वतो की भाँति ऊँचे हो सकते है किन्तु वे अपने समीपवर्ती पठारो और पर्वतो के समान ऊँचे कभी भी नही हो सकते ।

Fig 13

Diagram showing section across North America. The area between the Sierra and the Uinta Mountains is a great plateau, though with minor mountain ranges The 'Great Plains' are really a plateau, and are much higher than the Cumberland Plateau farther east. Parts of the Great Plains are higher than the Appalachian Mountains.

मैदानो मे परस्पर व्यापक अन्तर है । यह अन्तर केवल ऊँचाई मे ही नही होता वरन् स्थिति, आकार, धरातलीय रूप, उर्वरता, उद्भव तथा अन्य अनेक बातो मे भी होता है । विभिन्न प्रकार के मैदानो के लिए विभिन्न नामो का प्रयोग किया जाता है । इन

नामकरणो का उद्देश्य उनके किसी विशिष्ट स्वरूप अथवा गुण की ओर ध्यान को आकर्षित करता है। केवल विस्तृत मैदानो को ही द्वितीय क्रम की भूम्याकृतियो (topographical features) के अन्तर्गत माना जा सकता है, और ऐसे मैदानो के सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण दो ही वर्ग है—(१) तटीय मैदान (coastal plains), जो सागरो के किनारो पर है, और (२) आन्तरिक मैदान (interior plains), जो सागरो से दूर है अथवा उच्च स्थल के कारण समुद्रो से दूर हो गये है।

तटीय मैदान (Coastal plains)—इस प्रकार के मैदान लगभग सभी महाद्वीपो के किनारो पर पाये जाते है, जैसे न्यूयार्क से दक्षिण मे सयुक्त राज्य (U.S.A.) के पूर्वी तट पर स्थित मैदान। उनमे से कुछ संकीर्ण और कुछ विस्तृत है। **चित्र १४** मे एक सकीर्ण मैदान दिखाया गया है। यह मैदान नीचा है और

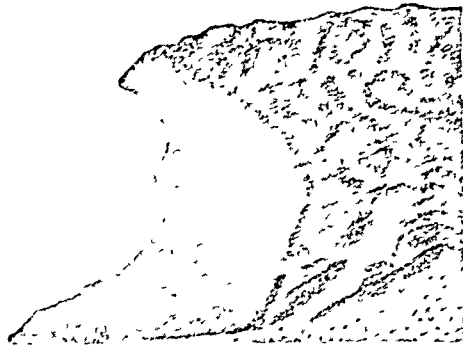



Fig. 14
A narrow coastal plain.

इसका तल प्राय सम है किन्तु समुद्र की ओर तनिक ढालू है। इसमे जो नदियाँ वहती है उनकी उथली घाटियो का प्रभाव इसके तल पर पडा है। तटीय मैदानो के भीतरी किनारे सदा ही इतनी स्पष्टता से निर्धारित नही होते, जैसा कि इस चित्र मे दिखाया गया है।

सम्भवत अधिकाश तटीय मैदान निम्न दो मे से किसी एक प्रकार से निर्मित हुए है—(१) किसी पूर्ववर्ती महाद्वीपीय मग्न-तट (continental shelf) के एक भाग मे समुद्र के जल के हट जाने से, अथवा (२) स्थल से बहाकर लाये गये तल-छट (sediment) के किसी महाद्वीपस्थ सागर (epicontinental sea) के उथले जल मे जमा होने और इस प्रकार समुद्र-नितल (bottom of the sea) के पानी के तल से ऊपर उठकर भूमि के रूप मे परिवर्तित हो जाने से। तटीय मैदान इन दोनो विधियो से बने है और दोनो विधियाँ किसी न किसी तटीय मैदान के निर्माण से सम्बन्धित रही है। तटीय मैदान पठारो अथवा पर्वतो की अधोगति (degradation—नीचे हो जाने) से भी निर्मित हो सकते है।

पट्ट १ मे औरेगन (Oregon) के सकीर्ण तटीय मैदान का एक भाग प्रदर्शित किया गया है। चूँकि अग्रिम पृष्ठो मे इस प्रकार के चित्रो का प्रयोग बारम्बार हुआ है, अत यहाँ पर उन सिद्धान्तो को समझ लेना आवश्यक है जिन पर ये आधारित है।

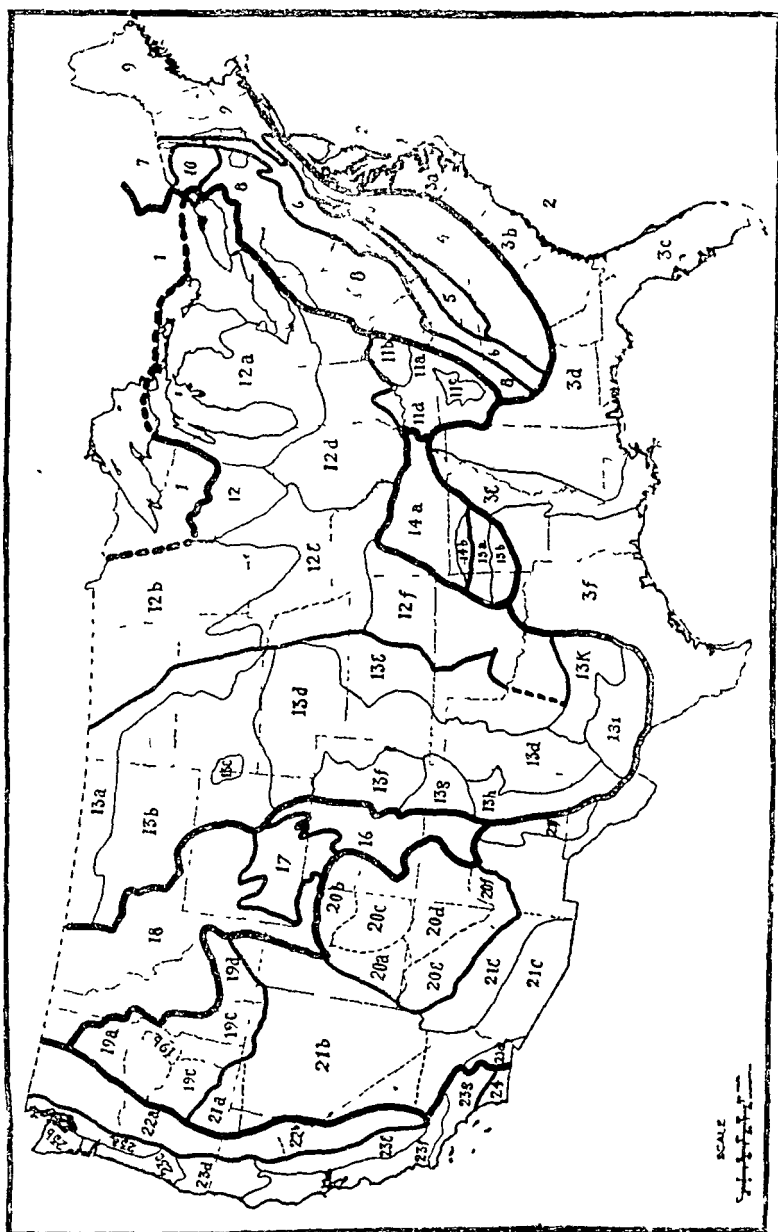



Fig. 15

Physiographic divisions of the United States. Modified slightly from the map published in the Annals of the Association of American Geographers, Vol. VI, N. M. Fenneman, Chairman of Committee. The chief modifications consist in the expansion of the interior highlands (14a) eastward to include the southern end of Illinois, and in the omission of a few minor sub-divisions.

1. Laurentian (Superior) upland. 2 and 3. Atlantic plain. 2 Continental shelf. 3. Atlantic coastal plain ; 3a. Embayed section ; 3b. Sea island section ; 3c. Floridian section ; 3d. East Gulf coastal plain ; 3e. Mississippi alluvial plain; 3f. West Gulf coastal plain. 4-10. Appalachian highlands. 4. Piedmont province. 5. Blue Ridge province. 6. Appalachian Valley province, including the Hudson valley. 7. St. Lawrence Valley. 8. The Appalachian Plateaus. Minor sub-divisions indicated by broken lines. 9. New England province, sub-divisions omitted. 10. Adiroudack province. 11-13. Interior plains. 11. Interior Low plateaus ; 11a. Highland rim plateau; 11b Lexington plain; 11c. Mashville basin ; 11d. Western section (unnamed). 12. Central Lowlands ; 12a. Eastern Lake section ; 12b. Western Lake section ; 12c. Western driftless section ; 12d. Till plains ; 12e. Dissected till plains , 12f. Osage plains. 13. Great Plains province ; 13a. Missouri plateau, glaciated ; 13b. Missouri plateau, unglaciated ; 13c. Black hills ; 13d. High plains ; 13e. Border plains ; 13f. Colorado piedmont ; 13g. Raton section , 13h. Pecos valley ; 13i. Edwards plateau ; 13k Texas hill section. 14 and 15. Interior highlands. 14 Ozark plateaus ; 14a Springfield-Salem plateaus ; 14b. Boston 'Mountains'. 15. Ouachita province ; 15a. Arkansas valley ; 15b. Ouachita mountains. 16-18. Rocky Mountain system. 16. Southern Rocky Mountains. 17. Wyoning basin 18. Northern Rocky Mountain 19-21. Intermontane plateaus 19. Columbia plateaus, various sub-divisions 20. Colorado plateaus, various sub-divisions 21. Basin-and-range provinces, various sub-divisions. 22-24. Pacific mountain system. 22. Sierra Cascade mountains ; 22a Cascades , 22b. Sierra Nevada 23. Pacific border province ; 23a. Puget trough ; 23b. Olympic mountains ; 23c. Oregon Coast range ; 23d. Klamath Mountains ; 23e California , 23f California coast ranges ; 23g Los Angeles ranges. 24. Lower Calif ornia province.

समोच्च रेखा मानचित्र (Contour Map) की व्याख्या

"स्थल की आकृति को स्थलाकृतिक मानचित्र (topographic map) मे प्रदर्शित कर सकने के तीन स्पष्ट प्रकार है—(१) धरातल की विषमताएँ जिन्हे उद्भृति (relief) कहते है, जैसे—मैदान, पठार, घाटियाँ, पहाडियाँ और पहाड़; (२) जल के वितरण जो जल-निकास (drainage) कहलाते है, जैसे—नदियाँ, झीले और दलदल, (३) मानव के कार्य जिन्हे संस्कृति (culture) कहते है, जैसे—सडके, रेलमार्ग सीमाएँ, ग्राम और नगर।

"**उद्भृति** (Relief)—समस्त ऊँचाइयाँ समुद्र के औसत तल से मापी जाती है। अनेक स्थलो की ऊँचाइयाँ ठीक-ठीक निश्चित की जाती है और जो अत्यन्त महत्त्वपूर्ण है उन्हे मानचित्र पर अको मे लिख दिया जाता है। परन्तु यह आवश्यक है कि मानचित्र मे क्षेत्र के सभी भागो की ऊँचाइयाँ दी जाएँ, समस्त ढालो की क्षैतिज रेखा (horizontal outline) चित्रित की जाए और उनके ढाल का क्रम अथवा मात्रा प्रदर्शित की जाए। इस कार्य को, समुद्र के औसत तल से समान ऊँचाई वाले स्थानो को मिलाने वाली रेखाओ द्वारा किया जाता है। ये रेखाएँ नियमित उदग्रान्तर (regular vertical interval) पर खीची जाती है। इन रेखाओ को समोच्च रेखाएँ (contours) कहते है और प्रत्येक दो समोच्च रेखाओ के बीच सम-उदग्र (लम्बवत्) स्थान को समोच्च रेखान्तर (contour interval) कहते हैं। सयुक्त राज्य अमरीका की भू-विज्ञान सर्वेक्षण सस्था (United States Geological Survey) के मानचित्रो पर समोच्च रेखाएँ और उच्चताएँ (elevations) भूरे रग मे मुद्रित की गयी है (**पट्ट १**)।

"जिस विधि से समोच्च रेखाएँ ऊँचाई, आकृति और क्रम प्रकट करती है वह आगामी रेखाचित्र (sketch) और तदनुरूप समोच्च रेखा-मानचित्र (corresponding contour map) मे प्रदर्शित की गयी है (**चित्र १६**)।

"यह रेखाचित्र (sketch) दो पहाडियो के मध्य एक नदी-घाटी का निरूपण करता है। अग्रभूमि मे समुद्र है जिसकी एक खाडी अशत एक साकुश (hooked) वलुई भित्ति से बन्द है। घाटी के दोनो ओर एक उत्तल (terrace) हैं। दाहिनी ओर के उत्तल से एक पहाडी क्रमश ऊँची उठती जाती है। इसकी बायी ओर के उत्तल से भूमि एक खडी चट्टान के रूप मे प्रपाती आरोहण (ascends steeply) करती है। इस खडी चट्टान के व्यतिरेक (contrast) मे बायी ओर के ढाल का अवरोहण (descent) मन्द है। रेखाचित्र मे प्रदर्शित प्रत्येक आकृति उसके सीधे नीचे मानचित्र मे समोच्च रेखा द्वारा दिखायी गयी है। जिस विधि से समोच्च रेखा ऊँचाई, आकृति और क्रम को चित्रित करती है उसको निम्नलिखित स्पष्टीकरण और भी अधिक स्पष्ट कर सकेगा।

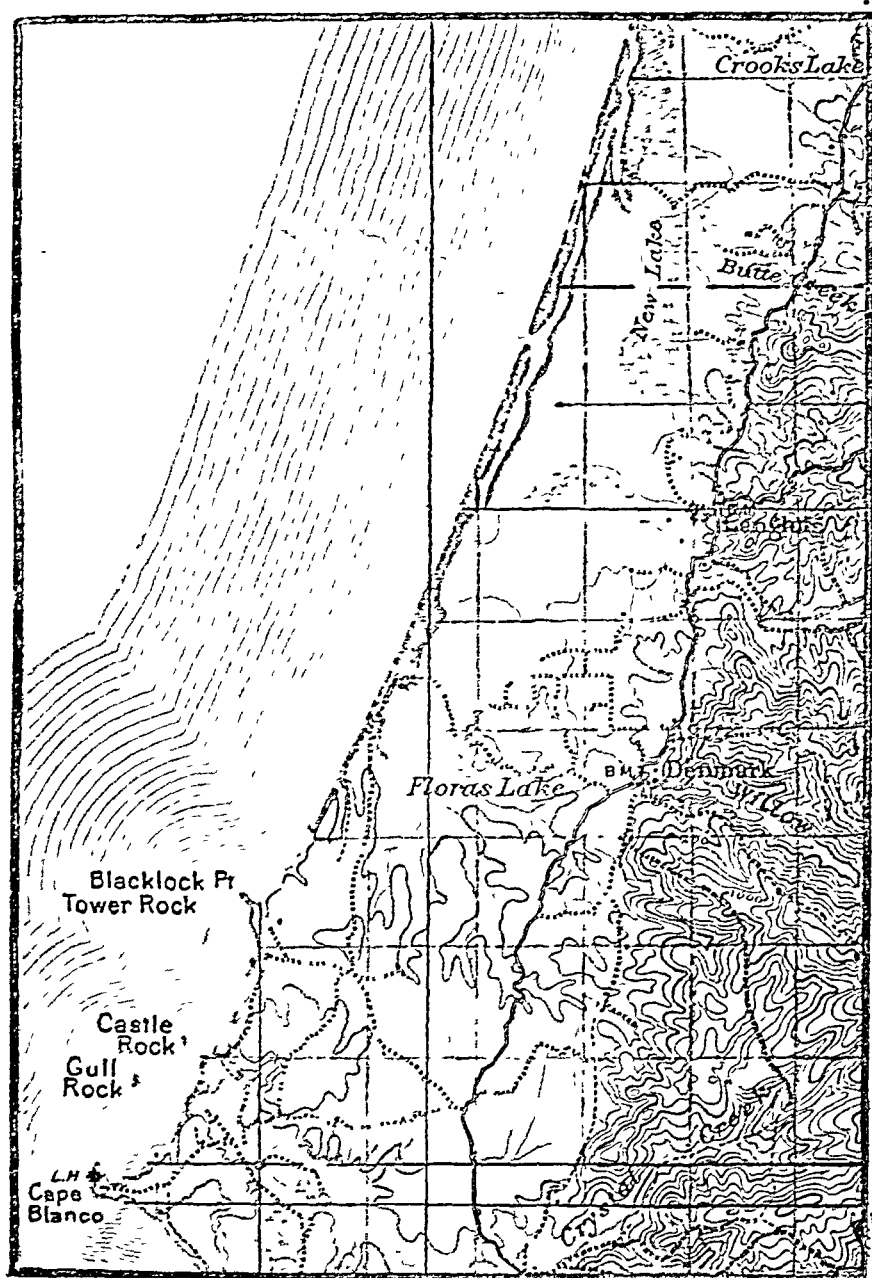
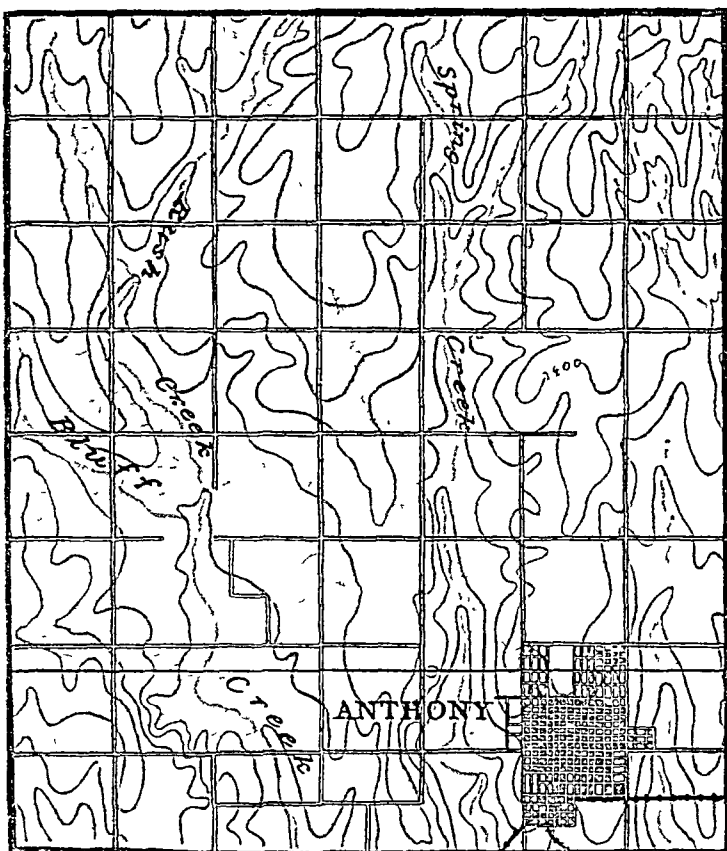
"(१) एक समोच्च रेखा (contour) समुद्र-तल से ऊपर लगभग एक निश्चित ऊँचाई की द्योतक होती है। इस उदाहरण मे समोच्च रेखान्तर (contour interval) १५ मीटर (५० फुट) है, अत समोच्च रेखाएँ समुद्र-तल से १५, ३०, ४५, ६० और क्रमश मीटरो की ऊँचाइयो पर खीची गयी है। ७५ मीटर की समोच्च रेखा पर वे सभी बिन्दु स्थित है जो समुद्र-तल से ७५ मीटर ऊँचे है और इसी प्रकार प्रत्येक समोच्च रेखा एक विशिष्ट ऊँचाई की द्योतक है। किन्ही दो समोच्च रेखाओ के मध्य वे सभी ऊँचाइयाँ (elevations) स्थित है जो निम्न समोच्च रेखा से ऊँची और उच्च समोच्च रेखा से नीची है। इस प्रकार ४५ मीटर (१५०

A narrow coastal plain in Oregon. Scale 2— miles per inch. Contour interval 20 feet. (Port Orford Sheet, U. S. Geol. Surv.)

PLATE II

A well-drained plain in Kansas. Scale 2— miles per inch. Contour interval 20 feet. (Anthony, Kan., Sheet. U. S. Geol. Surv.)

फुट) की समोच्च रेखा उत्तल (terrace) के किनारे के ठीक नीचे पड़ती है जबकि ६० मीटर (२०० फुट) की समोच्च रेखा उत्तल के ऊपर है। इस प्रकार उत्तल के सभी स्थान समुद्र-तल से ४५ मीटर से ऊँचे किन्तु ६० मीटर से नीचे दिखाये गये हैं। पहाड़ी की ऊँची चोटी समुद्र-तल से २०९ मीटर (६७० फुट) ऊँची बनायी गयी है, इसी कारण २०० मीटर की समोच्च रेखा इसको घेरे हुए है। इस उदाहरण में प्रायः सभी समोच्च रेखाएँ अंकों द्वारा स्पष्ट की गयी हैं। जहाँ यह सम्भव नहीं होता, वहाँ कुछ समोच्च रेखाएँ, जैसे प्रत्येक पाँचवीं रेखा, को उद्व्यक्त (accentuated—दबाव डालकर व्यक्त) करके उनके अंक लिख दिये जाते हैं। इनके अतिरिक्त अन्य समोच्च रेखाओं की ऊँचाइयाँ अंकित समोच्च रेखा के ऊपर अथवा नीचे गिनकर ज्ञात की जा सकती है।

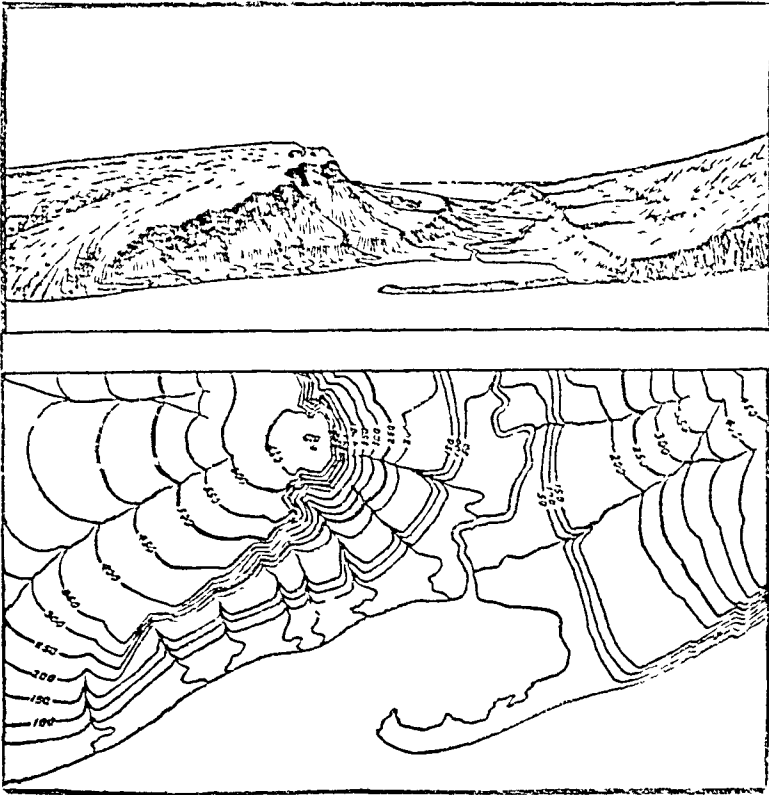



Fig 16

Sketch and map of the same area to illustrate the representation of topography by means of contour lines.

(*U. S. Geological Survey*)

"(२) समोच्च रेखाएँ ढालों की आकृतियों (forms) को भी व्यक्त करती हैं। चूँकि समोच्च रेखाएँ सतत (न टूटने वाली) क्षैतिज (horizontal) रेखाएँ होती हैं और भूमि-तल के अनुरूप ही खींची जाती है, वे चिकने तल पर भलीभाँति घूम जाती है, गहरी घाटियों के सभी अन्त:प्रवेशी कोणों (reentrant angles) में पीछे हट जाती हैं और ऊँचाइयों (prominences) के समीप से गुजरती हुई प्रक्षेपण

(project) कर जाती है। समोच्च वक्रो (contour curves) और कोणों का स्थल के दृश्यो (landscapes) की आकृतियो से जो सम्वन्ध है उसे मानचित्र और रेखाचित्र मे ज्ञात किया जा सकता है।

"(३) समोच्च रेखाएँ किसी ढाल के निकटतम (approximate) क्रम को भी प्रकट करती है। दो समोच्च रेखाओ के मध्य का उदग्र (vertical—लम्ववत्) स्थान समान ही रहता है, चाहे वे एक उत्प्रपात (cliff—दीवार की भॉति का ढाल) के किनारे हो अथवा एक मन्द ढाल पर हों। एक मन्द ढाल पर दी हुई ऊँचाई तक पहुँचने के लिए तल पर एक प्रपाती (steep) ढाल के अपेक्षाकृत अधिक दूर तक चलना होगा और इसी कारण समोच्च रेखाएँ मन्द ढालो पर अधिक दूरी पर और प्रपाती ढालो पर एक दूसरे के सन्निकट रहती है।

"एक समतल अथवा मन्द ऊँचे-नीचे प्रदेश को दिखाने के लिए लघु समोच्च रेखान्तर का प्रयोग किया जाता है। एक प्रपाती अथवा पहाडी प्रदेश के लिए वडे रेखान्तर (interval) की आवश्यकता होती है। भू-विज्ञान सर्वेक्षण (geological survey) एटलस के पृष्ठो पर प्रयुक्त लघुतम रेखान्तर १ ५ मीटर है। इसका प्रयोग मिसीसिपी डेल्टा और डिस्मल दलदल (Dismal Swamp) जैसे प्रदेशो के लिए किया जाता है। कोलोरेडो मे स्थित विशाल पर्वतो के खण्डो का मानचित्रण करने के लिए रेखान्तर ७६ २ मीटर हो सकता है। मध्य की उद्भृति (relief) के लिए समोच्च रेखान्तर ३, ६, ७ ५, १५ और ३० मीटर के हो सकते है।

"**जल-निकास** (Drainage)—पट्ट मे जलमार्ग नीली रेखाओ से प्रदर्शित किये गये है। यदि नदी मे वर्ष भर जल वहता रहता है तो रेखा अविच्छिन्न (विना टूटन के) खीची जाती है, किन्तु यदि वर्ष के कुछ भाग मे नदी का स्रोत सूख जाता है तो रेखा विच्छिन्न (विन्दुदार) वनायी जाती है। जहॉ नदी की धारा तल के नीचे डूव जाती है और फिर किसी अन्य स्थान पर तल पर निकल आती है तो वहॉ अनुमानित भूमिगत मार्ग टूटी नीली रेखा से दिखाया जाता है। झीले, दलदल और जल के अन्य खण्ड भी उचित रूढ चिह्नो (conventional signs) द्वारा नीले रग मे ही दिखाये जाते है।

"**संस्कृति** (Culture)—मानव के कार्य, जैसे सडके, रेलमार्ग और नगर, प्रदेशो और राज्यो की सीमाएँ, एव अन्य कृत्रिम विस्तार काले रग मे मुद्रित किये गये है।"[१]

समोच्च मानचित्र (Contour Map) **अभ्यास**[२]

(१) एक शक्वाकार (conical) पर्वत का, जिसका शिखर ६०० मीटर (२,००० फुट) ऊँचा है, समोच्च रेखा मानचित्र वनाइए। उसमे समोच्च रेखान्तर ६० मीटर (२०० फुट) है।

(२) एक १० किलोमीटर वर्गाकार मैदान का समोच्च रेखा मानचित्र वनाइए। मैदान का एक किनारा समुद्र-तल की ऊँचाई पर है और उसके सामने का

---

१ **'संयुक्त राज्य भू-विज्ञान सर्वेक्षण'** (United States Geological Survey) की पृष्ठ-भूमिका से उद्धृत।

२ लेखक का अनुभव है कि विद्यार्थी स्वय स्थलाकृत मानचित्र (contour maps) खीचकर अधिक शीघ्रता मे उसका ज्ञान प्राप्त कर सक है।

३० मीटर (१०० फुट) की ऊँचाई पर। भूमि का समुद्र की ओर को एक सम ढाल केवल एक घाटी द्वारा आलोड़ित (scarred) है। घाटी में कोई सहायक नदियाँ नहीं हैं और वह (घाटी) मैदान की सम्पूर्ण चौड़ाई में फैली है। ३ मीटर (१० फुट) का समोच्च रेखान्तर कीजिए और एक सेंटीमीटर बराबर एक किलोमीटर के क्षैतिज मापक (horizontal scale) का प्रयोग कीजिए।

संयुक्त राज्य के पूर्वी भाग का समुद्रतटीय मैदान (चित्र १५) उत्तर में कुछ किलोमीटर की चौड़ाई से लेकर दक्षिण में कारोलीना और जार्जिया में १६० किलोमीटर (१०० मील) या इससे भी अधिक चौड़ा है। इसकी गणना एक चौड़े तटीय मैदान के रूप में की जाएगी। मैक्सिको की खाड़ी के किनारे का तटीय मैदान और भी अधिक चौड़ा है जो मिसीसिपी के समीप अपनी अधिकतम चौड़ाई में कई सौ किलोमीटर चौड़ा है। उत्तरी यूरेशिया का तटीय मैदान इन सबसे अधिक चौड़ा है, यद्यपि यूराल जैसी पर्वत-शृंखला कहीं-कहीं खण्डित है।

समुद्र की ओर के किनारों पर तटीय मैदान साधारणतः समुद्र-तल से कुछ ही ऊँचे हैं। इसके विपरीत उनके भीतरी स्थलीय किनारे (inland borders) यदि वे विशेष रूप से चौड़े होते हैं तो समुद्र-तल से सैकड़ों मीटर ऊँचे हो सकते हैं। अपने स्थलीय किनारों (landward edges) पर कुछ तटीय मैदान पठारों अथवा पर्वतों से मिल जाते हैं और वहाँ का ढाल मैदानों के ढाल की अपेक्षा अधिक प्रपाती (steep) हो जाता है। यही सीधा ढाल, समुद्र-तल से किसी अन्य ऊँचाई की अपेक्षा तटीय मैदान के स्थलीय किनारे को अंकित करता है। अटलांटिक तटीय मैदान की आन्तरिक सीमा की ऊँचाई प्रायः ३० मीटर से कई सौ मीटर के भीतर है। इसके भीतरी स्थलीय किनारे (landward edges) को अंकित करने वाले अपेक्षाकृत सीधे ढाल को प्रपात-रेखा (Fall-line) कहते हैं। इसके सहारे अनेक प्रसिद्ध नगर स्थित हैं जिनमें ट्रेण्टन फिलाडेल्फिया, बाल्टीमोर, वाशिंगटन, रिचमाण्ड, रैले, कामडन, कोलम्बिया और आगस्टा हैं। इन नगरों की स्थिति निर्धारित करने में प्रमुख तथ्य यह था कि यहाँ की नदियाँ तटीय मैदान में सरलता से नाव चलाने के योग्य हैं किन्तु इस रेखा से ऊपर नहीं। प्रपात-रेखा की स्थिति का निर्धारण नीचे की चट्टानों के कड़ेपन की विषमताओं (inequalities) से किया गया था। इस रेखा से पश्चिम की ओर की चट्टानें इसके पूर्व की ओर की चट्टानों से कहीं अधिक कड़ी हैं। मैक्सिको की खाड़ी के तटीय मैदान की आन्तर-स्थलीय (landward) सीमा, अलबामा से पश्चिम की ओर अटलांटिक की सीमा की अपेक्षा अस्पष्ट है। ऐसे तटीय मैदान, जो उत्तरी अमरीका में न्यूजर्सी से उत्तर-पूर्वी किनारे पर और महाद्वीप के पश्चिमी तट के सहारे स्थित हैं संकुचित एवं विच्छिन्न हैं तथा पर्याप्त विस्तृत भूभागों (stretches) तक तो वे दृष्टि में भी नहीं आते। अतः तटीय मैदानों को महाद्वीपीय किनारों का सामान्य लक्षण माना जा सकता है किन्तु सर्वव्यापक लक्षण नहीं।

यदि महाद्वीपस्थ सागरों (epicontinental seas) के जल को स्थल-खंडों के निम्न भागों से हटा दिया जाए तो ज्ञात होगा कि वर्तमान भूमि के तटीय मैदान,

स्थलाकृति की दृष्टि से महाद्वीपीय मग्न-तटो के साथ अविच्छिन्न है। अत स्थल-मण्डल के महान महाद्वीपीय प्रोद्वर्धो (continental protuberances—उभरे हुए भागो) के ये जलमग्न भाग **जलमग्न तटीय मैदानो** के रूप मे ही समझे जाने चाहिए। स्थल के वर्तमान तटीय मैदानो मे से अनेक मैदान ऐसे भी है जो पृथ्वी की बहुत बाद की अवस्था के साथ समुद्र से बाहर निकले है। जलमग्न तटीय मैदान उन तटीय मैदानो की अपेक्षा जो समुद्र-तल से ऊपर है, महाद्वीपो के साथ अधिक मात्रा मे अविच्छिन्न (सटे हुए) है।

आन्तरिक मैदान (Interior plains)—इन मैदानो मे से अनेक ऊँचे मैदान है, और उनमे से पूर्व मे अपेलेशियन पहाडो और पश्चिम मे राकी पहाडो के बीच के विस्तृत क्षेत्रफल का बडा भाग एक आन्तरिक मैदान है। दक्षिण की ओर यह मैदान अपेक्षाकृत नीचा है और खाडी के किनारे के तटीय मैदान मे विलीन हो जाता है। उत्तर की ओर यह आन्तरिक मैदान बहुत ऊँचा है और ३०० मीटर (१००० फुट) से भी अधिक ऊँचाई धारण कर लेता है, किन्तु इसकी उठान इतनी क्रमिक है कि यह सभी स्थानो पर एक विशाल निम्न भूमि-सा ही दिखाई देता है। पूर्व मे भी यह मैदान जब तक कि यह अपेलेशियन पहाडो से नही मिल जाता, ऊँचा उठता जाता है, यहाँ तक कि अपेलेशियन पहाडो के पश्चिमी किनारे पर यह एक ऊँचा क्षेत्र है जो समुद्र-तल से प्राय ३०० मीटर ऊँचा है और प्राय कम्बरलैण्ड या अलेगनी (Allegheny) पठार कहलाता है (**चित्र १५**)। यह भूमि-खण्ड मैदान का भाग न कहलाकर पठार ही कहा जाता है। इसका कारण यह नही है कि यह भाग अधिक ऊँचा है बल्कि इसका कारण यह है कि स्थान-स्थान पर यह पश्चिम की ओर के निचले क्षेत्र की अपेक्षा कुछ स्पष्ट रूप से पृथक है। पश्चिम मे आन्तरिक मैदान क्रमश ऊँचा उठता जाता है और ढाल के किसी स्पष्ट उठान के बिना ही कई हजार मीटर की ऊँचाई धारण कर लेता है। इतनी अति पर्याप्त ऊँचाई कम्बरलैण्ड के पठार की ऊँचाई से भी अत्यधिक है। राकी पर्वतो के पूर्व का यह क्षेत्र प्राय 'बडा मैदान' कहा जाता है। इस प्रदेश का पश्चिमी भाग सम्भवत. मैदान की अपेक्षा अधिक समुचित रूप मे पठार है। किन्तु यह उन पर्वतो (राकी) से जिनसे यह पश्चिम मे जा मिला है, विशेप रूप से नीचा है। राकी पर्वतो के समीप से इस मैदान के ऊँचे भागो तथा मिसीसिपी के समीपवर्ती इसके नीचे भागो के बीच ढाल मे कोई भी आकस्मिक परिवर्तन नही है। यह स्पष्ट रूप से एक स्थलाकृतिक (topographic) इकाई है। यदि इस क्षेत्र के पश्चिमी भाग को पठार की कोटि मे रखा जाए, तो इससे एक अति सुन्दर उदाहरण यह प्राप्त होगा कि एक मैदान किस प्रकार से एक पठार की श्रेणी मे बदल जाता है, क्योकि इसके मैदानी और पठारी भाग को विभाजित करने वाली रेखा मनमाने ढग से कार्य करने वाली एक रेखा है। यदि 'बड़े मैदान' के ऊँचे पश्चिमी भागो को पठार मान भी लिया जाए, तो भी यह सत्य है कि आन्तरिक मैदान के कुछ भाग उन अनेक क्षेत्रो से ऊँचे है जिन्हे पठार कहा जाता है। 'बडे मैदान' जसे क्षेत्रो को मैदानो की कोटि मे प्रमुखत. समुद्र-तल से उनकी

ऊँचाई के ही कारण नही बल्कि इस कारण भी रखा जाता है कि वे अपने पास-पड़ोस से विशेष रूप से ऊँचे नही उठते हैं।

'बड़े मैदानों' के सामान्य स्थलाकृतिक सम्बन्धों का चित्र १३ मे निरूपण किया गया है। यदि राकी पर्वतो और मिसीसिपी नदी के मध्यवर्ती क्षेत्र का सामान्य ढाल इस चित्र के मध्य मे दिखायी गयी बिन्दु रेखा के रूप मे होता, तो इसके पश्चिमी भाग को निस्सन्देह ही पठार की कोटि मे रखा गया होता और पठार तथा मैदान को विभाजित करने वाली यह रेखा एक स्वाभाविक रेखा होती।

जहाँ-तहाँ कुछ पर्वत, जैसे दक्षिणी डाकोटा की काली पहाड़ियाँ (Black hills), मिसौरी का ओजार्क पर्वत (पठार), और आरकनसास तथा ओकलाहोमा के वाशिता (Ouachita) पहाड़, इस विशाल आन्तरिक मैदान के सामान्य तल से स्पष्टत ऊपर उठे हुए हैं। ओजार्क और वाशिता पहाड़ 'बडे मैदानो' के पश्चिमी किनारो के बराबर ऊँचे नही हैं। लेकिन वाशिता पहाड कम से कम अपने निकटतम पडोस से विशेष रूप से ऊँचे हैं और उनके शिखर-भाग इतने सीमित हैं कि उनको पठार नही माना जा सकता है। दूसरी ओर ओजार्क-खण्ड को पर्वत-प्रदेश की अपेक्षा एक पठारी प्रदेश कहना अधिक युक्तिसगत होगा। वाशिता पर्वत अथवा ओजार्क पठार की अपेक्षा काली पहाडियाँ (Black hills) अधिक ऊँची हैं और अधिक स्पष्ट रूप में मैदानो से पृथक हैं। पहाडी का नाम होते हुए भी वे पहाड हैं।

आन्तरिक मैदानो का निर्माण विभिन्न प्रकार से हुआ है। उनमे से कुछ पुराने तटीय मैदान हैं, जो अपने समुद्री किनारो की ओर उच्च भूमि के बढ आने से अब अशत समुद्र से दूर पड गये हैं। उनमे से कुछ उन क्षेत्रो के द्योतक हैं जो कभी ऊँचे थे, किन्तु अब वे भूमि की घर्षणकारी शक्तियो द्वारा घिसकर नीचे हो गये हैं। हो सकता है कि अन्य मैदानो का उद्भव अन्य विधियो द्वारा हुआ हो।

मैदानो की स्थलाकृति (Topography of plains)—सम्यक् रूप से मैदानो के तल पठारो और पहाडो के तलो की अपेक्षा बहुत कम विषम (uneven) हैं। वास्तव मे मैदानो के तल प्राय सपाट हो सकते हैं, यद्यपि साधारणतया वे कुछ विषम हैं। कुछ दशाओ मे उद्भूति (relief) थोडी और कुछ मे पर्याप्त है। सामान्यतः ऊँचे मैदान निचले मैदानो की अपेक्षा अधिक विषम हैं। किन्तु इस सामान्य कथन मे स्थानीय अपवाद भी हैं क्योंकि कुछ ऊँचे मैदानो का पर्याप्त क्षेत्र प्राय सपाट है।

तल की विषमताएँ (unevennesses) प्रकार (kinds) एव मात्रा (amount) दोनो ही दृष्टियो से भिन्न हैं। इस प्रकार कुछ मैदानो अथवा मैदानो के कुछ भागो और सभी गर्तो (depressions) मे जल के निकास के लिए सुविधा है, जहाँ होकर तल का जल बहकर दूर चला जाता है। इसके अतिरिक्त अन्य मैदानो मे द्रोणी (basins) के आकार के अनेक गर्त हैं जिनमे जलाशय और झीले स्थित हैं। प्रथम प्रकार के अनेक गर्त वाले मैदान पूर्ण-जलोत्सारित (well-drained) हैं (अर्थात् उनमें से जल सरलता से बह जाता है)। दूसरे प्रकार के मैदान न्यून-जलोत्सारित (ill-drained) हैं। पूर्ण-जलोत्सारित क्षेत्र (पट्ट २) सयुक्त राज्य के दक्षिणी भाग

मे ओहियो और मिसौरी के दक्षिण मे फैले हुए है, जबकि न्यून-जलोत्सारित क्षत्र (पट्ट ३) सुदूर उत्तर मे अधिक है। इन मैदानो की स्थलाकृतिक आकृतियाँ (topographic features) तृतीय क्रम की उद्भृत आकृतियाँ (relief features) है।

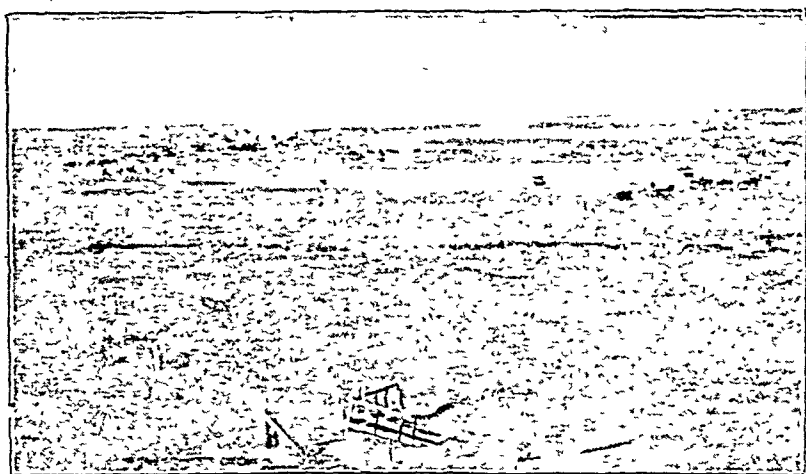



Fig 17
A plain with little relief Valley plain of the Cimarron River, south-western Kansas. (*U S Geological Survey*)

विस्तार और निवास-योग्यता (Extent and habitability)—स्थल-क्षेत्र का अधिकाश भाग मैदानी है और पृथ्वी की जनसख्या का बडा भाग उसमे रहता है (चित्र १७ और १८)। मैदान मानवीय क्रियाओं के प्रमुख रगमच है, अशत इस-

Fig. 18
A plain with notable relief Iowa. (*Calvin*)

लिए कि उनकी जलवायु सामान्यत ऊँचे प्रदेशो की अपेक्षा अधिक अनुकूल है और अशत इसलिए कि इनमे भूमि का अधिक भाग या तो सपाट है अथवा उसमे बहुत मन्द ढाल है। उच्च भूमि की तुलना मे मैदानो के तल का अधिकाश भाग कृपि-

योग्य है, क्योंकि (१) उनके सपाट भाग और मन्द ढाल उच्च भूमि के अपेक्षाकृत सीधे ढालो की अपेक्षा सामान्यत अधिक मिट्टी से ढके हुए है, और (२) उनके तल का अधिकाश भाग कृषि के लिए अधिक ढलवॉ नही है। इसलिए विश्व की अधिकाश कृषि मैदानो मे ही होती है।

ऊँचाई के अनुसार १९०० ई० मे सयुक्त राज्यो की जनसख्या का वितरण निम्नलिखित था[1]

समुद्र-तल से	३० मीटर की ऊँचाई से नीचे लगभग	१५.९%
	३० मीटर और १५० मीटर के बीच	२१.८%
	१५० मीटर और ३०० मीटर के बीच	३८ ७%
	३०० मीटर और ४५० मीटर के बीच	१४ ६%
	४५० मीटर और ६०० मीटर के बीच	४.१%
	६०० मीटर और ९०० मीटर के बीच	२ १%
	९०० मीटर से ऊपर	२ ७%

मैदान परिवहन (transportation) और अन्त सचार (inter-communication) के लिए भी अनुकूल होते है, क्योंकि (१) उच्च और विषम प्रदेशो की अपेक्षा मैदानो मे सडको, रेलमार्गो, नहरो आदि का निर्माण अत्यधिक सरल होता है, और (२) पर्वतो तथा पठारो की अपेक्षा मैदानो की अनेक नदियाँ नौका-चालन के योग्य होती है। इन कारणो से, और इसलिए भी कि निर्माण के लिए आवश्यक कच्चे मालो का अधिकाश भाग मैदानो मे ही उगाया जाता है तथा विश्व के निर्माणकारी (manufacturing) कार्य अधिकाशत मैदानो मे ही किये जाते है, यह उल्लेखनीय है कि जलवायु और मिट्टी की दृष्टि से अधिक अनुकूल विस्तृत मैदान अटलाण्टिक सागर के किनारे है, और विशेषत इसी कारण से इस सागर के तट विश्व सस्कृति और वाणिज्य के रगमच रहे है।

सभी मैदान अपने यहाँ की जनसख्या का भरण-पोषण नही कर पाते है, जैसे यूरेशिया और उत्तरी अमरीका के विशाल मैदानो के उत्तरी भाग अत्यन्त शीतल होने के कारण विभिन्न उद्योगो अथवा उत्पादनो के योग्य नही है जिससे वहाँ जनसख्या के कम रहने की ही सम्भावना है। उष्ण कटिबन्धीय मैदानो की जलवायु ऐसी है जो अब तक हानिकारक ही मानी जाती रही है।

पठार (Plateaus)

पठार ऐसे भूखण्ड है जो इस प्रकार से स्थित होते है कि वे कम से कम एक ओर से ऊँचे दिखाई पडे और साथ ही साथ उनके शिखर-तलो पर या शिखरो के समीप पर्याप्त क्षेत्र भी हो। उदाहरणार्थ, यदि एक तटीय मैदान समुद्र-तल से धीरे-धीरे ६० मीटर (२०० फुट) की ऊँचाई तक उठता है और तब एक सीधे ढाल द्वारा एक ऐसे दूसरे भूखण्ड से मिलता है जिसकी भूमि न्यूनाधिक रूप मे समतल है और वह पहले मैदान से ३० मीटर से लेकर ६० मीटर तक ऊँचा है (**चित्र ४**)

---

[1] **'१२वीं जनसंख्या गणना'**, बुलेटिन स० १, पृष्ठ १०।

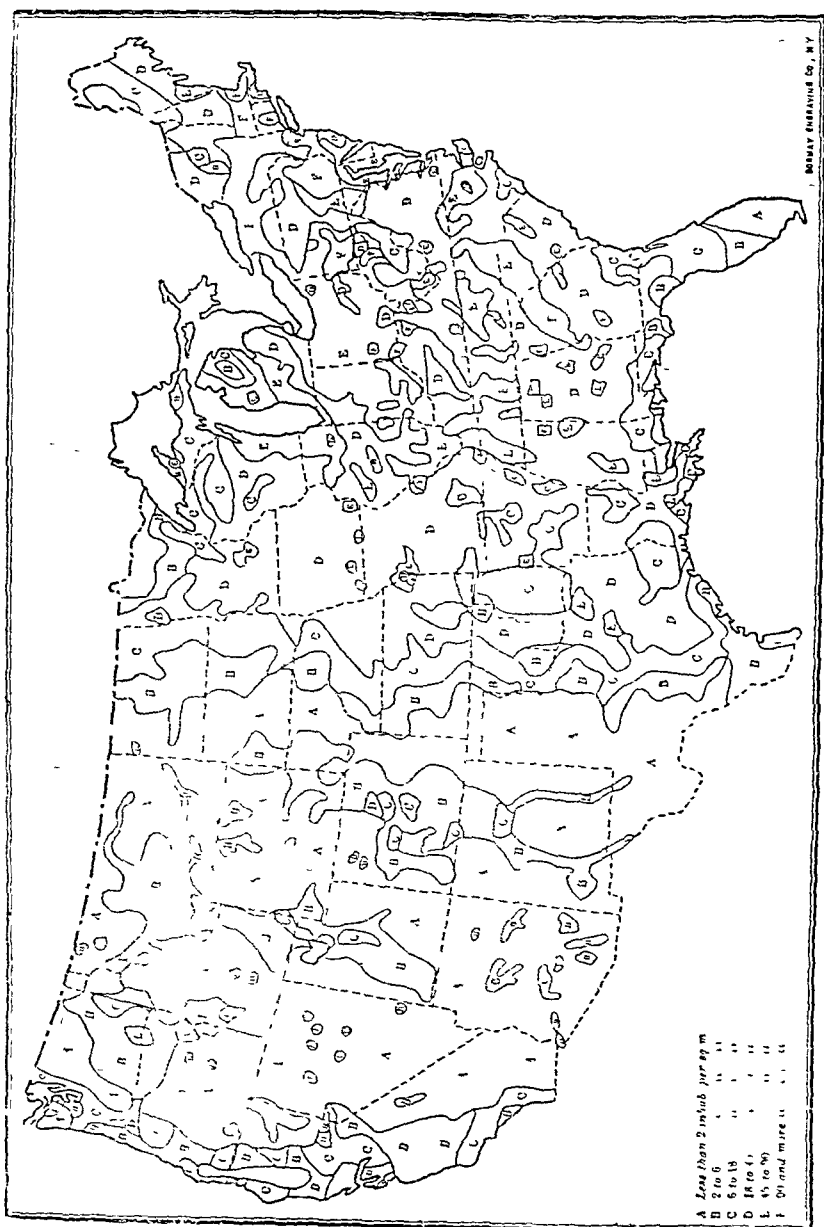



Fig 19. Map showing density of population in different parts of the United States.
(*After Gannett, U. S. Census*)

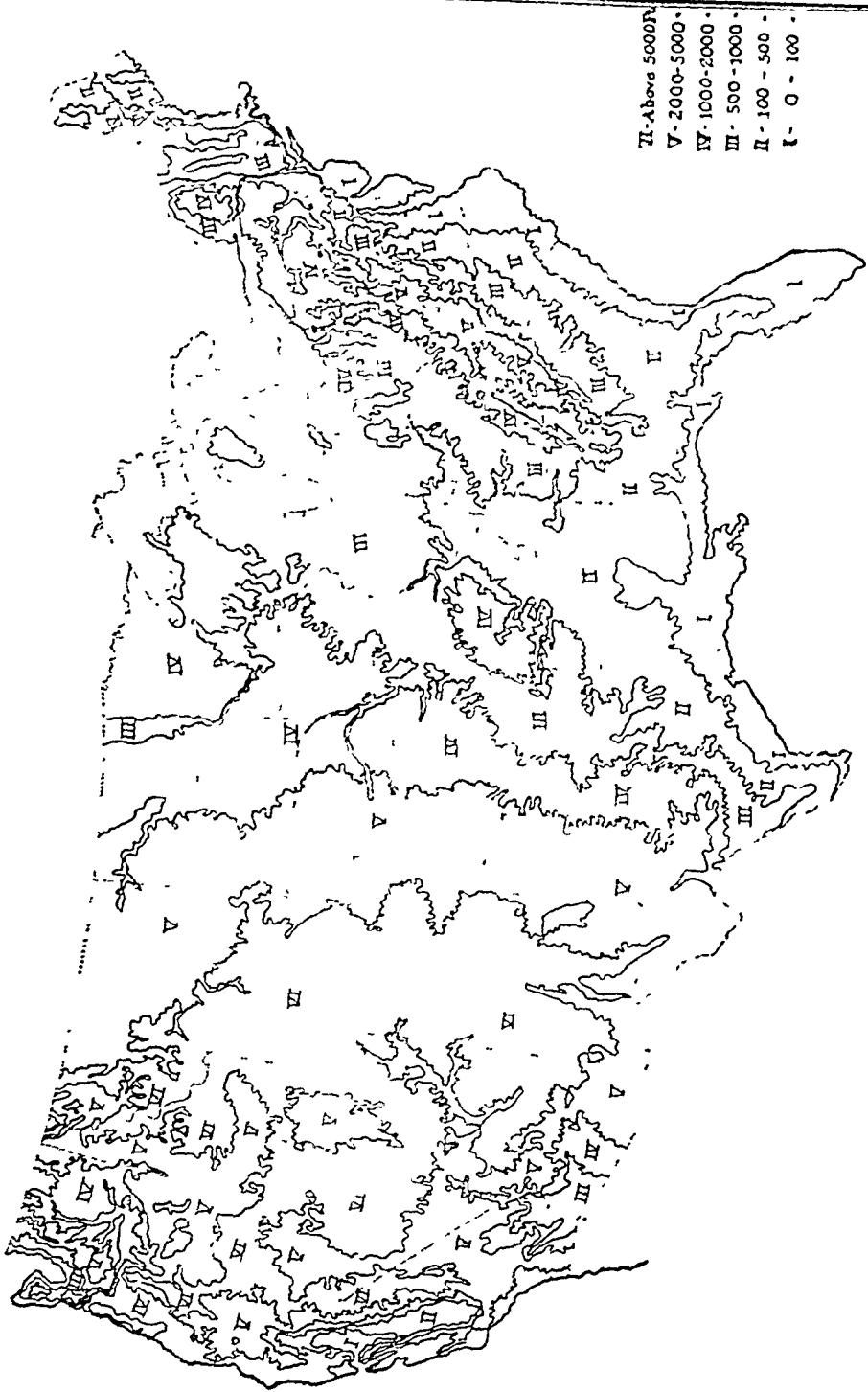



Fig. 20. Relief-map of the United States.

तो ऊपरी भूखण्ड सामान्यतया एक 'पठार' कहा जाएगा। इस भूखण्ड को 'पठार' कहे जाने का कारण केवल उसकी समुद्र-तल से ऊँचाई ही नहीं है वरन् इसका एक मुख्य कारण यह भी है कि यह स्थल एक ओर से अपने समीपवर्ती मैदान की अपेक्षा स्पष्ट रूप से अधिक ऊँचा उठा हुआ है। उदाहरण के लिए, यदि समुद्र-तट से भूमि की ओर को पता लगाया जाए तो अटलाण्टिक के तटीय मैदान का नीचा ढाल,

Fig. 21. Relief-map of the Northern Appalachians and their surroundings. (*U. S. Geological Survey*)

संयुक्त राज्य मे, प्रपात-रेखा (Fall-line) के समीप एक अधिक खड़े ढाल मे समाप्त होता है और तटीय मैदान के उपरान्त, ऊपर का भूखण्ड 'पीडमॉण्ट' का पठार है। किन्तु इस पठार के अधिक भागो की ऊँचाई, महाद्वीप के विशाल आन्तरिक मैदान के अधिकांश भागो की ऊँचाई से कम है।

यद्यपि पठार सामान्यतः मैदानों से ऊँचे होते हैं, फिर भी यह पुनः कहा जा सकता है कि उनके बीच का अन्तर ऊँचाई पर उतना निर्भर नहीं है जितना पारस्परिक सम्बन्धों पर। कोई भी भूखण्ड तब तक पठार नहीं कहा जाता जब तक कि वह एक ओर अथवा कई ओर से अपने समीपवर्ती थल अथवा जल भाग से स्पष्टतया ऊपर न उठता हो।

पहाड़ों और पठारों में इस स्थूल अन्तर के होते हुए भी ये दो बड़े स्थलाकृतिक प्रकार (topographic types) एक-दूसरे के इतने समान होते हैं कि किसी-किसी परिस्थिति में तो यह कहना कठिन हो जाता है कि किस विशिष्ट प्रदेश को पठार तथा किस प्रदेश को पर्वत कहा जाए। यह सम्भव है कि कोई प्रदेश अपने पास-पड़ोस की परिस्थिति के अनुसार पठार कहलाया जाए, किन्तु अन्य परिस्थितियों में एक मैदान माना जाए। अनेक परिस्थितियों में प्राकृतिक अन्तर इतने अस्पष्ट होते हैं कि वे हमारी मनमानी (किन्तु आवश्यक) परिभाषाओं के अन्तर्गत नहीं आते हैं।

पठारों की स्थिति एवं विस्तार (Position and area of plateaus)—कुछ पठार एक ओर पर्वतों से और दूसरी ओर मैदानों से घिरे होते हैं, जैसा कि पूर्व उल्लिखित पीडमॉण्ट और कम्बरलैण्ड के पठारों के विषय में कहा जा चुका है। पठार पर्वतों के मध्य में भी स्थित हो सकते हैं, जैसे—मध्य एशिया, मैक्सिको और संयुक्त राज्य के पश्चिमी भाग के पठार। कुछ पठार समुद्र से सीधे उठे होते हैं, जैसे ग्रीनलैण्ड और अफ्रीका के भाग (चित्र २२)।

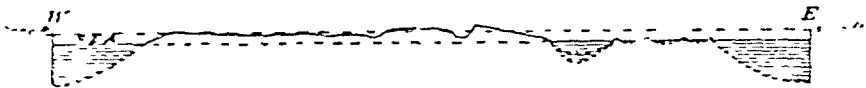



Fig. 22

Section across Africa along the parallel of 10 S Vertical scale exaggerated about fifty times

यद्यपि पठार स्थल के पर्याप्त खण्ड को घेरे हुए हैं फिर भी उनका समस्त क्षेत्र मैदानों के क्षेत्र से कम है।

पठारों की उद्भूति[1] (Relief of plateaus)—संसार के अधिकांश पठारों के तलों की उद्भूति मैदानों के तलों की उद्भूति से अधिक विस्तृत है, जिसका कारण यह है कि इन पठारों की घाटियाँ अधिक गहरी हैं। उदाहरण के लिए, उत्तरी अरीज़ौना (Arizona) में कोलोरेडो के पठार की ऊँचाई का औसत लगभग २,१०० मीटर (७००० फुट) है और उसकी उद्भूति एक किलोमीटर अथवा इससे भी अधिक है, क्योंकि कोलोरेडो नदी की घाटी की गहराई भी इतनी ही है (**चित्र २४** और २५)। इस घाटी के तल से इस पठार के ढाल पर्वत के समान दिखाई देते हैं। वास्तव में ये पठार संसार के कई एक अन्य पर्वतों की अपेक्षा अधिक ऊँचे हैं और

---

१ **उद्भूति**—दृष्टिगोचर होने वाला धरातल का प्राकृतिक स्वरूप। —अनु०

शक्तिशाली है, और चूँकि इन ढालो के शिखर की ऊँचाई पर गहरी घाटी के आस-पास स्थल के बड़े-बडे खण्ड स्थित है, अत यह क्षेत्र एक पठार बन गया है। इस पठार के समान वडी उद्भूति किसी भी मैदान की नही है।

पठारो के अन्य लक्षण (Other featuies of plateaus)—पठारो की अधिकाश औसत उद्भूति की अपेक्षा, पठारो और पर्वतो के तलो मे अधिक समता होती है। पठार सपाट (flat), खण्डित (broken), बेलनाकार (rollıng), आदि प्रकार के होते है और स्थल की आकृतियो को जताने वाले ये शब्द कुछ दशाओ मे एक ही पठार के विभिन्न भागो के लिए भी प्रयुक्त हो सकते है। कुछ पठार पूर्ण-जलोत्सारित (well-draıned) और कुछ न्यून-जलोत्सारित (ıll-dıaıned) है। पठारो की उद्भृत आकृतियाँ (relıef features) मैदानो की आकृतियो के समान ही तृतीय क्रम (thırd order) की आकृतियाँ है।

पठारो, विशेपत ऊँचे पठारो, की जलवायु उन्ही अक्षाशो मे स्थित मैदानो की जलवायु की अपेक्षा स्पष्टतया अधिक शीतल होती है, और उनका अवक्षेपण (precıpıtatıon—अर्थात् ठोस होने की क्रिया) सामान्यत कम है। निम्न अक्षाशो को छोडकर, पठार मानव-निवास के लिए भली प्रकार से उपयुक्त होने के लिए अत्यधिक शीतल है, और उनकी वर्षा कृपि के लिए अपर्याप्त होने की सम्भावना

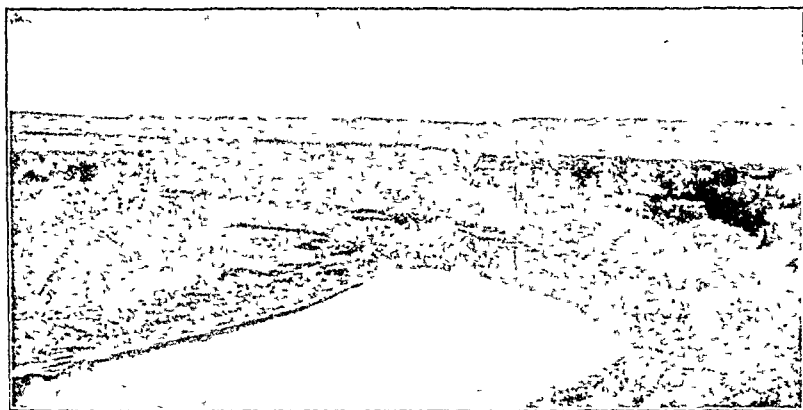



Fıg. 23

A valley (canyon) ın a plateau Snake Rıver below the mouth of Rattlesnake Creek. (*U S. Geologıcal Suı vey*)

पैदा करती है। उनकी गहरी घाटियाँ परिवहन के योग्य नही है। इन तथा अन्य कारणो से ऊँचे पठार सामान्यत मैदानो की अपेक्षा मानव-निवास के लिए कम प्रयोग मे आते है और अधिकाश पठारो की जनसख्या घनी नही है। इसके विपरीत, निचले पठारो की ऊँचाई, जैसे कि पीडमॉण्ट और कम्बरलैण्ड के पठार, जलवायु पर प्रतिकूल प्रभाव डालने के लिए वहुत अपर्याप्त है, और इसी कारण से ये पठार भी मैदानो की ही भॉति उर्वर हो सकते है। निम्न अक्षाशो मे किन्ही-किन्ही पठारो का,

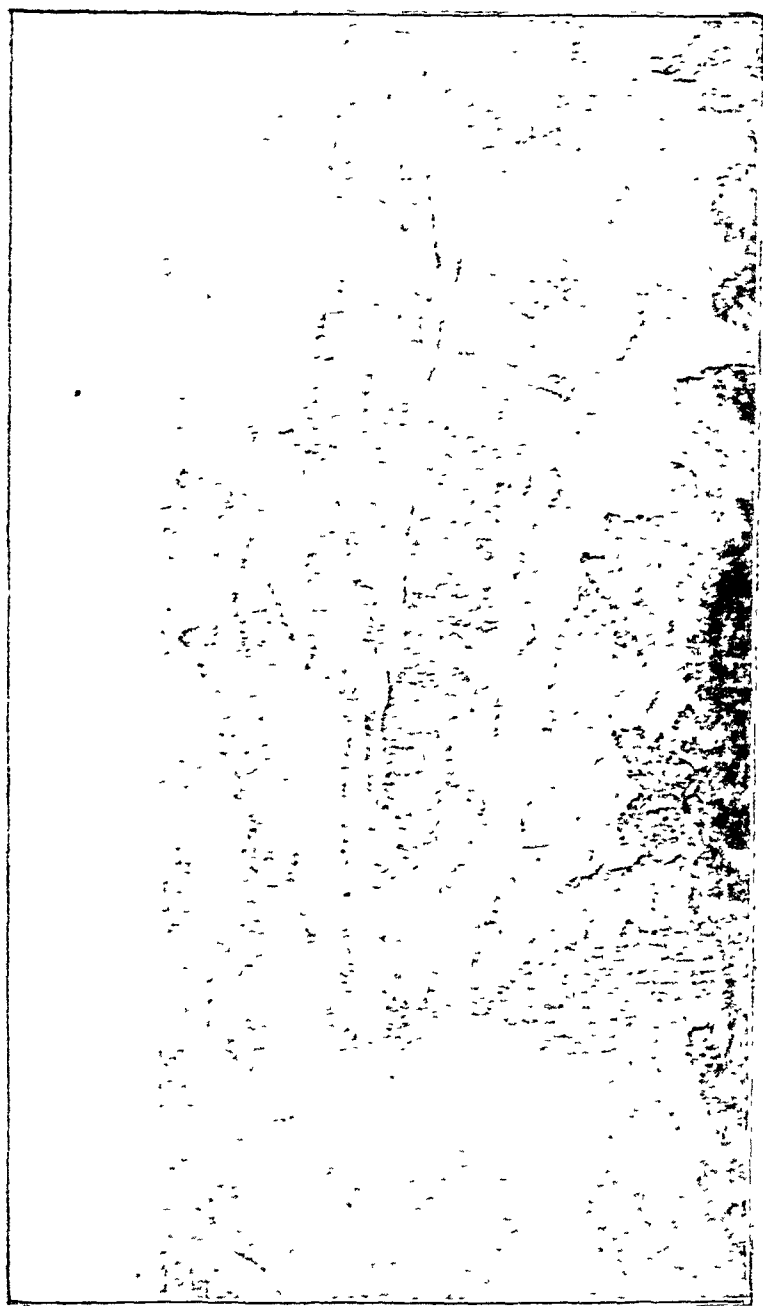



Fig. 24.
Sketch of a part of the Grand Canyon of the Colorado A glimpse of the river is to be had at the left. (*Holmes, U. S. Geological Survey*)

यथा मैक्सिको का पठार, तापक्रम अनुकूल है और उनकी स्थिति ऐसी है कि उन्हे पर्याप्त जल मिल जाने पर वे उर्वर हो गये है।

पठारों की उत्पत्ति अथवा उद्भव (Origin of plateaus)—पठार विभिन्न प्रकारो से ऊँचाई ग्रहण करते है—(१) किन्ही-किन्ही अवस्थाओ मे उनका निर्माण सम्भवत अपने पडोस की भूमि के नीचे धँस जाने से हुआ होता है, उदाहरण के लिए,

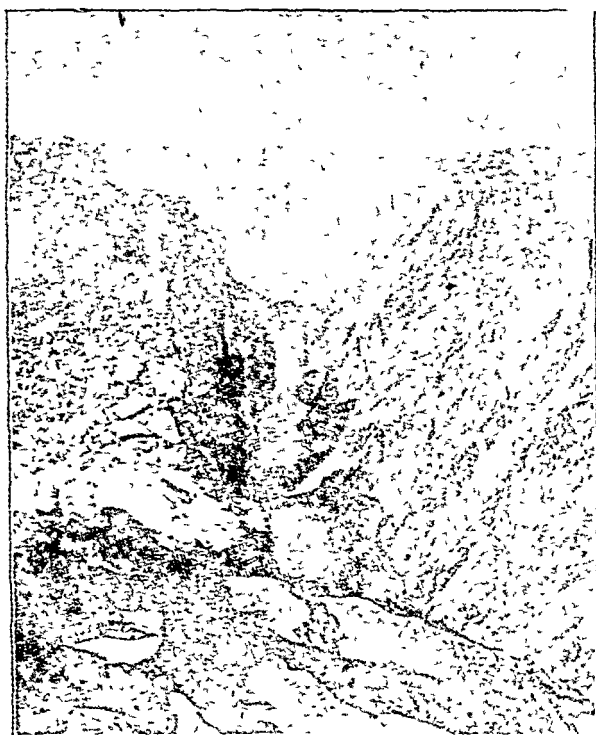



Fig 25

The Grand Canyon of the Colorado The inner gorge in the foreground, and the more distant cliffs in the background The Canyon is about a mile or 1½ kilometer deep (*Hull*)

यदि वडे मैदानो (उत्तरी अमरीका) का पूर्वी अर्द्धभाग कुछ सौ मीटर नीचे धँस जाए और पश्चिमी अर्द्धभाग वैसा ही वना रहे, तो पश्चिमी भाग निस्सन्देह एक पठार कहा जाएगा (**चित्र १३**); (२) कुछ पठार अपने पास-पडोस से ऊपर उठ जाने के कारण ऊँचे हो गये, और (३) कुछ या तो मैदानो अथवा निचले पठारो पर लावा (lavas—भूराल) के एकत्र हो जाने से वन गये है। सयुक्त राज्य के पश्चिमोत्तर भाग का लावा पठार इसी प्रकार का है (**चित्र १५ और ३६०**)। कुछ छोटे भूखण्ड जिनमे पठारी लक्षण अन्य कारणो से आ जाते है, जैसे पास-पडोस के तल के परिभ्रशन

(degradation) के कारण अलग पड़ जाना, प्राय पठार कहलाते है। ऐसे पठार निम्न श्रेणी की स्थल की आकृतियाँ (topographic features of a lower order) हैं, जिनका विचार इस प्रसग मे नही किया जा रहा है।

पर्वत (Mountains)

पर्वत प्रमुख रूप से **ऊँचे स्थल है जिनके शिखर क्षेत्र अतिस्वरूप** (slight summit areas) **होते है।** प्रमुख रूप से ऊँचे स्थल का अर्थ यह नही है कि वे अनिवार्यत. फुट अथवा मीटर की नाप मे अधिक ऊँचे है, वल्कि इसका अर्थ यह है कि वे अपने पास-पडोस की औसत ऊँचाई से प्रमुख रूप मे ऊँचे है।

यद्यपि सर्वाधिक ऊँचे पर्वतो के शिखरो की ऊँचाई समुद्र-तल से आठ और दस किलोमीटर (५ और ६ मील) के बीच है, तथापि अधिकाश पर्वतो की ऊँचाई इसकी आधी भी नही है। सर्वोच्च ऊँचे पर्वतो की ऊँचाई किसी भी पठार से अधिक है, किन्तु अनेक पर्वत इतने भी ऊँचे नही है जितने कि उच्चतर पठार। उदाहरणार्थ, सापेक्षिक रूप मे ऐसे पर्वतो की सख्या कम है जो तिब्बत के पठार की भाँति ४,५०० से ४,८०० मीटर (१५,००० से १६,००० फुट) की ऊँचाई तक पहुँचते हो। कई एक उच्च स्थल ऐसे भी है जो पर्वत कहलाते तो है किन्तु वे समुद्र-तल से उतने भी ऊँचे नही है जितने कि उच्चतर मैदानो के उच्चतर भाग है।

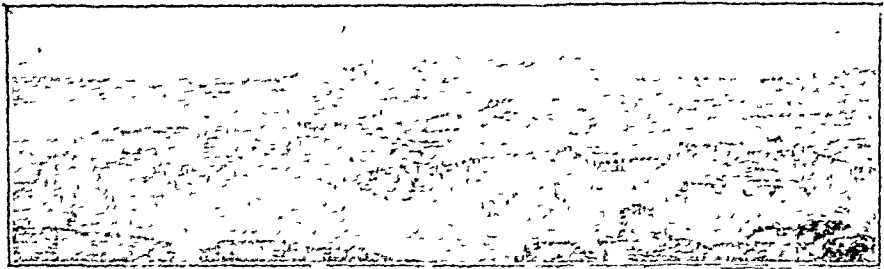



Fig. 26

Sierra el Late Mountains, Colo, with dissected mesa in the foreground. (*Holmes, U S Geological Survey*)

समान ऊँचाई के पठारो से पर्वत इस अर्थ मे भिन्न है कि इनके (पर्वत) शिखर-तल का विस्तार किंचित ही रहता है। **पर्वत-शिखरो** (peaks) के नाम इस अन्तर को सूचित करते है। एक पर्वत कटक (mountain ridge) अथवा श्रेणी लम्बी हो सकती है, किन्तु उसका शृग (crest) सापेक्षतया सकुचित रहता है। **चित्र २१** मे प्रदर्शित कई श्रेणियाँ इसके उदाहरण है। अनेक स्थानो मे अनेक शिखर अथवा श्रेणियाँ (ranges) सम्बद्ध हो जाते है और एक पर्वत-समूह (**चित्र २६**) अथवा एक पर्वत-शृखला (chain) (**चित्र २१**) बनाते है, किन्तु बडे पर्वत-समूहो मे भी उच्च भूमि का विशाल अविच्छिन्न क्षेत्र नही होता है। ३,००० मीटर ऊँचा स्थल, यदि उसका शिखर-क्षेत्र विस्तृत है, सामान्यतया पठार, और यदि शिखर-

क्षेत्र एक चोटी है तो एक पर्वत कहलाता है। यदि शृग एक सकीर्ण कटक (ridge) है तो पर्वत कटक अथवा श्रेणी कहलाता है, और यदि क्रमिक चोटियो और कटको से मिलकर बना, है तो वह पर्वतीय क्षेत्र अथवा एक पर्वत-समूह अथवा एक पर्वत-तन्त्र (mountain system) कहा जाएगा।

स्थूल रूप से विचार करने पर पर्वत मैदानो और पठारो के विपरीत होते है और द्वितीय क्रम के तीन स्थलाकृतिक प्रकारो मे तीसरे स्थान पर आते है और इसी रूप मे वे भूमिस्थल पर दिखाई पडते है।

ऊँचे पर्वत भूतल पर सामान्यत सर्वाधिक प्रभावशाली और भयोत्पादक आकृतियाँ है। यह विशेषत उन अवस्थाओ मे सत्य है जहाँ पर्वत अपने पास-पडोस से आकस्मिक रूप से बहुत ऊँचे उठ जाते है। अनेक दशाओ मे ये नीचे उष्ण मैदानो से अचानक इतने ऊँचे उठ गये है कि उनके शिखर हिम से निरन्तर ढके रहते है। जलवायु की ऐसी विषमता (contrast) इतने अधिक समीप मे अन्यत्र नही मिलती।

Fig 27

The Needle Mountains of Colorado An illustration of mountain topography. Taken from an elevation of about 10,700 feet or 3210 metres (*U S Geological Survey*)

पर्वतस्थल की तीसरी बडी स्थलाकृतिक आकृति (topographic feature) होते है। इस रूप मे पर्वतो का वर्गीकरण करते हुए इस बात का ध्यान रखना आवश्यक है कि इस वर्ग मे केवल बडे पर्वत-समूह अथवा पर्वत-तन्त्र सम्मिलित है, जैसे—अपेलेशियन, राकी, सियरा, आल्प्स, काकेशस, हिमालय, एण्डीज तथा उनके समान ही विस्तृत और विशाल अन्य पर्वत। चूँकि 'पर्वत' शब्द का प्रयोग किसी भी

ऐसे स्थान अथवा श्रेणी के लिए होता है जिसमे खड़े ढाल हो और जो अपने पास-पड़ोस से इतनी अधिक ऊँची हो कि वह अत्यन्त स्पष्ट दिखाई दे और साथ ही साथ उसका शिखर-क्षेत्र इतना सकुचित हो कि उसे पठार न कहा जा सके, अत निष्कर्ष यह निकलता है कि अनेक उच्च स्थान जो पर्वत कहलाते है, उस विशाल भूम्याकारीय (physiographic) प्रकार मे नही आते है जो मैदानो और पठारो के व्यतिरेक (contrast) मे है।

Fig. 28
Mountain peaks near Lake Agnes, Canadian Pacific Railway.
(*Photograph by Church*)

पर्वतो का ऐतिहासिक महत्त्व (Mountains in history)—पर्वत सदा न्यूनाधिक मात्रा मे अवरोधक (barriers—रोक डालने वाले) रहे है और इसी कारण उन्होने इतिहास

Fig. 29
Cascade Pass in the Cascade Mountains, Washington. An illustration of mountain topography (*Willis, U. S. Geological Survey*)

मे महत्त्वपूर्ण भाग लिया है। उन्होने उदीयमान (nascent—नवजात) सभ्यताओ को आक्रमणो से सुरक्षित रखा है और वे अनेक राज्यो की राजनीतिक सीमाओ को

Fig 30
A portion of the Elk Mountains of Colorado
(*Holmes, U. S. Geological Survey*)

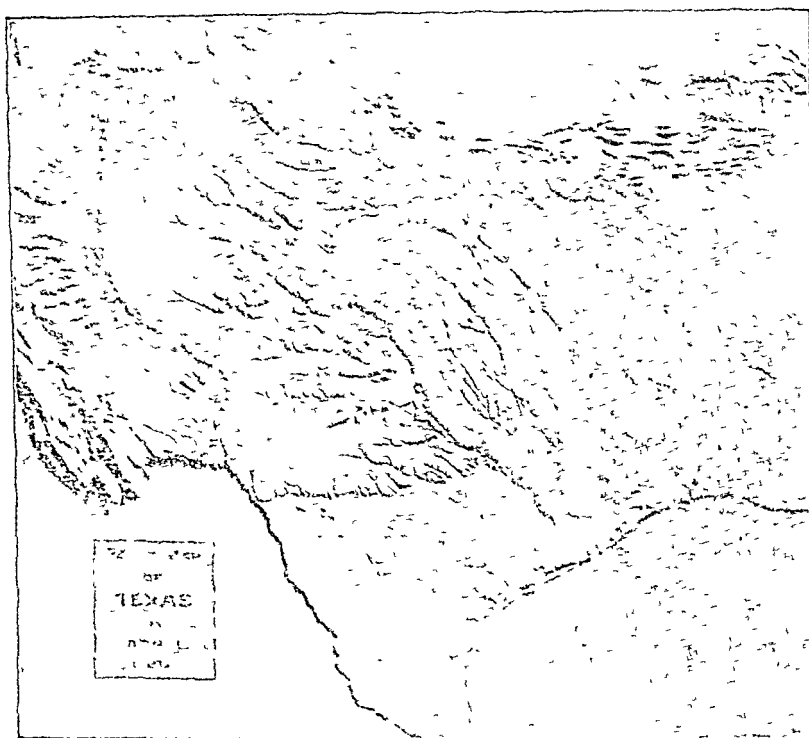



Fig 31
Photograph of relief-model of Texas and surroundings The area near the coast is a part of the Coastal Plain Inland this plain gives place to a plateau tract, while at the north and west mountains rise above the plateau level The valleys are deep, and the relief is greater in the mountains than in the plateau, and in the plateau greater than in the plain. (*Hill*)

निर्धारित करते हैं। पश्चिमी और दक्षिण-पश्चिमी यूरोप के पर्वत इन भागो मे अनेक छोटे-छोटे राज्यो की उत्पत्ति के प्रमुख कारण थे, किन्तु रूस मे ऐसा नही है (क्योकि वहाँ पास-पास पर्वतश्रेणियो की अपेक्षा विस्तृत मैदान है)।

पहाड़ी उच्चस्थल प्राय उन निर्बल जातियो के आश्रय-स्थल बने है जो अपने प्रबल शत्रुओ द्वारा अधिक अभीष्ट नीची भूमि मे खदेड दिये गये थे। स्काटलैण्ड, वेल्स और भारत के कुछ भागो की सापेक्षतया दुर्गम उच्च भूमियो ने अधिक काल

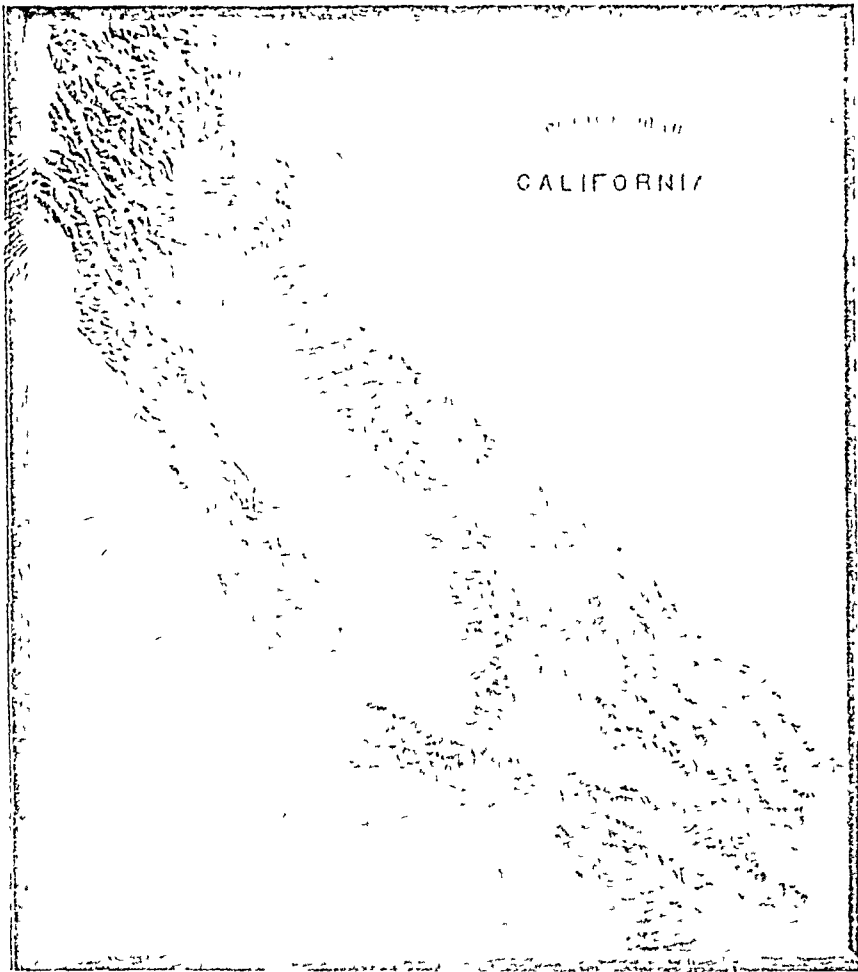



Fig 32
Topographic map of California The State is largely mountainous, but the central plain is conspicuous (*Model by Drake*)

तक वहाँ के निवासियो को अपनी स्वतन्त्रता बनाये रखने मे सहायता पहुँचायी। अपेलेशियन पर्वतो ने अंग्रेजी उपनिवेशो को प्राय डेढ सौ वर्षों तक महाद्वीप के पूर्वी तट तक ही सीमित रखा और विभिन्न प्रकार से उनके जीवन को प्रभावित किया।

तदन्तर ओहियो-घाटी-उपनिवेशो के अटलाण्टिक समुद्र-तट से प्रभावपूर्ण अलगाव (isolation) के कारण गम्भीर राजनीतिक खतरे उत्पन्न हो गये थे।

अधिकाश पर्वतो पर मिट्टी और तापक्रम की मात्रा पर्याप्त कम होती है, अत यह न्यूनता खेती करने मे बाधक सिद्ध होती है और आवागमन की कठिनाइयाँ व्यापार तथा सामाजिक व्यवहारो को सीमित बनाने मे सहायक हो जाती है। तदनुसार निर्धनता ही पर्वतीय लोगो के भाग्य मे साधारणत पायी जाती है। इस निर्धनता से केवल वे ही स्थान बच पाते है जहाँ खनिज पदार्थ निकालने और लकडी काटने के उद्योग मिलते है। मैदानो के प्रगतिशील जीवन से दूर पड़ जाने के कारण पर्वत-निवासी प्राय रूढिवादी होते है। वे प्राचीन रूढियो एव व्यसनो को बनाये रखते है और नवीन परिवर्तनो का विरोध करते है। अमरीका के गृह-युद्ध मे अपेलेशियन पर्वत का दक्षिणी राज्य-सघ (confederacy) असन्तुप्ट लोगो का गढ बन गया था और वहाँ से १,००,००० सैनिक उत्तरी राज्यो की सेना मे भरती हुए थे।

पर्वतो का सर्वाधिक उल्लेखनीय कार्य खनिज पदार्थ निकालना है। किन्तु अनेक पर्वत ऐसे है जहाँ व्यापारिक महत्त्व के धातुक (ores) अथवा खनिज पदार्थ नही मिलते, जबकि मैदानो और पठारो मे अनेक धातुक और खनिज पदार्थ निकाले जाते है। यहाँ यह जानना आवश्यक है कि सभी खनिज पदार्थ धातुक नही होते। उदाहरण के लिए, सयुक्त राज्य के लोहे और कोयले का अधिकाश भाग अब मैदानो और पठारो से ही निकाला जाता है।

उद्भव (Origin)—पर्वतो की उत्पत्ति अनेक प्रकार से हुई है। उनके निर्माण मे उन चट्टानो की परते, जिनसे अधिकाश पर्वतो का निर्माण हुआ है, कुछ दशाओ मे अत्यधिक वलित और अति वलित (folded and crumpled) हो गयी। **३३ से लेकर ३७ तक के चित्र** पर्वत-रचना के उन प्रकारो को स्पष्ट करते है जो उन विशाल श्रेणियो मे सामान्यतया पाये जाते है। ये श्रेणियाँ द्वितीय क्रम (second order) की स्थलाकृतिक आकृतियो (topographic features) मे गिनी जाती है।

अधीनस्थ स्थलाकृतिक आकृतियाँ
(Subordinate Topographic Features)

यह पहले ही लिखा जा चुका है कि अनेक मैदानो और पठारो के तल कुछ न कुछ असमान है। पर्वत का तो नाम ही तल की विपमता का द्योतक है। अनेक परिस्थितियो मे तल की इस विपमता की मात्रा किसी सीमा तक समुद्र-तल की ऊँचाई से घनिष्ठ रूप से सम्बन्धित होती है। ऊँचाई के साथ ही साथ विपमता भी बढती जाती है। यद्यपि केवल ऊँचाई ही तल की विपमता और समता निश्चित करने का एकमात्र कारण नही होगी, फिर भी तल की सामान्य विपमताएँ, जो मैदानो, पठारो और पहाडो को प्रभावित करती है, तृतीय क्रम की स्थलाकृतिक आकृतियाँ है। इनमे से तल की कुछ विपमताएँ अपने पास-पडोस के सामान्य स्तर से ऊँचाई के रूप मे और कुछ उससे नीचे गर्त के रूप मे पायी जाती है। उदाहरणार्थ, मैदानो मे कटक

(ridges) और पहाड़ियाँ (hills) सामान्य स्तर से ऊँची और घाटियाँ तथा किन्हीं-किन्हीं दशाओं में द्रोणियाँ (बहिर्मुख-रहित गर्त—depressions without outlets) उससे नीचे होती हैं। सपाट मैदान भी विषम टुकड़ों में विभक्त हो सकते हैं। उच्च स्थानों (elevations) और गर्तों के किनारे ढाल (slopes) होते हैं और उनमें से

Fig. 33
Cross-section illustrating the structure of the Appalachian Mountains. (*After Rogers*)

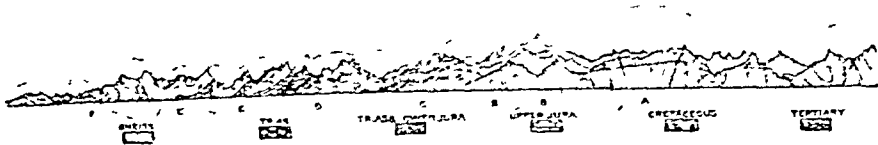



Fig. 34
Section of the Alps from Saint Gothard South. (*After Helm*)

Fig. 35
Cross-section of the Elk Mountain Range, Colo. (*Holmes, U. S. Geological Survey*)

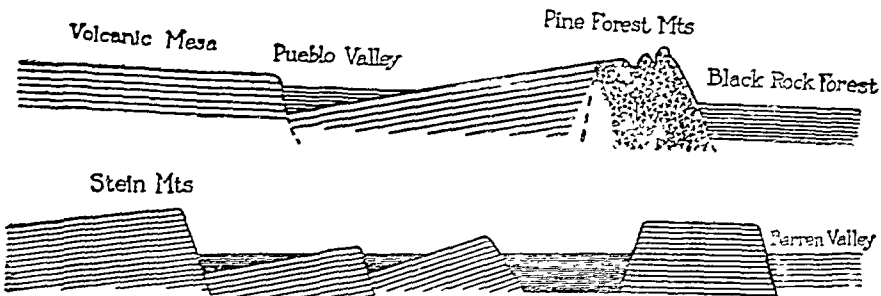



Fig 36 and 37
Faulted Mountain (Block Mountain) structure, Nevada. (*Russell, U. S. Geological Survey*)

जो अधिक ढालू होते है, वे उत्प्रपात (cliffs—खडी चट्टान) कहलाते है । ये अधीनस्थ (subordinate) आकृतियाँ, जैसे कटक (ridges), पहाडियाँ (hills), घाटियाँ (valleys), द्रोणियाँ (basins) और सपाट (flats) आदि, पठारो और मैदानो दोनो ही को प्रभावित करती है । किन्तु साधारणत पठारो की इसी रूप वाली आकृतियाँ मैदानो की आकृतियो की अपेक्षा अधिक स्पष्ट होती है । उनमे से कुछ तो इतनी स्पष्ट होती है कि उनके नाम भी भिन्न हो जाते है । इनमे से अनेक आकृतियाँ और भी अधिक मात्रा मे पर्वतो को प्रभावित करती है, किन्तु इस दशा मे अनेक ऊँचाइयाँ, चाहे वे अधिक अथवा कम मात्रा मे पृथक ही क्यो न हो, केवल कटक (ridges) अथवा पहाडियाँ (hills) न होकर पर्वतीय आकार की होती है और उनके भिन्न-भिन्न नाम होते है । इसीलिए जिस प्रकार से इन शब्दो का प्रयोग आधुनिक समय मे किया जाता है उसके आधार पर शब्दो के माध्यम से द्वितीय क्रम की स्थलाकृति वाले पर्वतो और निम्न क्रम (lower order) की स्थलाकृति वाले पर्वतो मे अन्तर को व्यक्त कर सकना कठिन है, यद्यपि उनमे यह अन्तर नितान्त स्पष्ट होता है । इस प्रकार से अपेलेशियन पर्वत द्वितीय क्रम की स्थलाकृतिक आकृतियाँ है किन्तु उस पर्वत-शृखला की कोई भी सामान्य कटक (ridge) अथवा शृग (peak) पर्वत के रूप मे होने पर भी तृतीय क्रम की आकृति है और उसकी तुलना मैदानो और पठारो की पहाडियो एव स्कन्धागिरि (buttes) से की जानी चाहिए ।

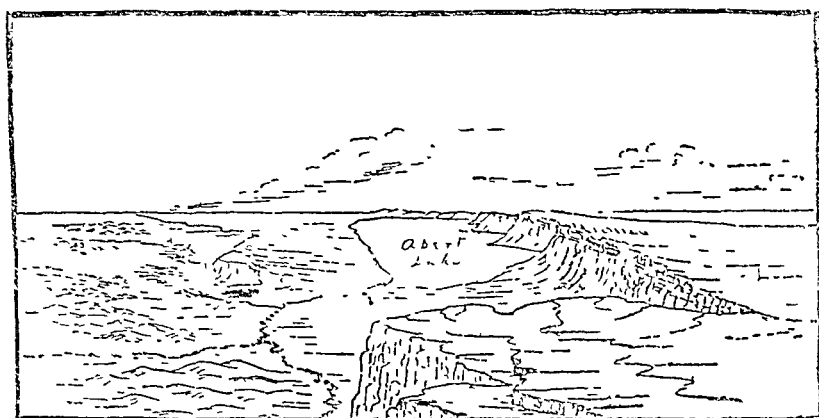



Fig 38

Sketch of Abert Lake Ore. The lake basin is the result of faulting Compare Fig 37 (*Russell, U S. Geological Survey*)

मैदानो अथवा पहाडो के तल मे पाये जाने वाले गर्त (depressions) विभिन्न आकारो (sizes), स्वरूपो (shapes) और उद्भवो (origins) के है और इनका अध्ययन हम आगे चलकर करेंगे । इसी प्रकार, मैदानो और पठारो की पहाडियाँ (hills) और कटक (ridges) एव पर्वतीय प्रदेशो की बडी पर्वताकार पहाड़ियाँ विभिन्न आकारो, स्वरूपो और उद्भवो की है तथा उनका इतिहास उस

निम्न भूमि के इतिहास के साथ, जिसके वे अंग हैं, घनिष्ठ रूप से जुड़ा हुआ है। ढालों का विकास भी अधिकतर उन्हीं साधनों से हुआ है जिनसे कि उच्च स्थलों और गर्तों का विकास हुआ है। तृतीय क्रम की स्थलाकृतिक आकृतियों (topographic features) का उद्भव सामान्य रूप से भलीभाँति समझ में आ जाता है क्योंकि जिन प्रक्रमों (processes) द्वारा उनका विकास हुआ है वे अब भी कार्य कर रहे हैं और उनके अतीत काल के परिणामों के विषय में विश्वासपूर्वक अनुमान किया जा सकता है। इन प्रक्रमों (processes) का अध्ययन हम कुछ विस्तार से करेंगे।

भू-पृष्ठ और सागर अधःस्तल (Land surface and ocean bottom)—यदि सागर-द्रोणी (ocean basins) से जल हटा दिया जाए तो महासागर का नितल (ocean bed) स्थल के तल की अपेक्षा बहुत कम विषम (uneven—ऊबड़-खाबड़) ज्ञात होगा। यद्यपि स्थल की अपेक्षा सागर की सामूहिक उद्भृति (aggregate relief) कुछ अधिक है (पृष्ठ ६), फिर भी बहुत बड़े भाग प्रायः समतल हैं, और सामान्य विषमताएँ जैसे पहाड़ियाँ और घाटियाँ तथा उनसे सम्बन्धित ढाल, जो स्थल भाग में प्रचुर मात्रा में पायी जाती हैं, सागर-तल में बहुत कम पायी जाती हैं और वास्तव में सागर-तल के अधिकांश भाग में उनका सर्वथा अभाव ही है।

स्थल और सागर के तल में यह अन्तर क्यों है? यहाँ इस विषय में अधिक से अधिक यह कहा जा सकता है कि वायुमण्डल तथा बहता हुआ जल, दोनों ही, निरन्तर गतिमान रहते हैं और सदैव ही स्थल के तल के सम्पर्क में आते रहते हैं। इसके विपरीत, वायुमण्डल सागर-तल से पूर्णतः दूर रहता है तथा जल जो सागरों में भरा है, केवल उस भाग को छोड़कर जहाँ जल बहुत उथला है, प्रायः गतिहीन है। परिणामस्वरूप, यह स्पष्ट है कि स्थल और सागर-तलों की स्थलाकृति (topography) के अन्तर विशेष रूप से एक परिस्थिति में वायु एवं बहते हुए जल के सम्पर्क तथा दूसरी में गतिहीन जल के सम्पर्क के ही कारण हैं।

सामान्य स्थलाकृतिक आकृतियों का विकास (The Development of Minor Topographic Features)

चूँकि मैदानों, पठारों और पर्वतों की सामान्य एवं साधारण स्थलाकृतिक आकृतियों का विकास समान विधियों से ही हुआ है, अतः उनके उद्भव और इतिहास पर इनमें से किसी भी एक बड़े भौम्याकृतिक (physiographic) विभाग (the three great orders—तीन बड़े क्रमों) से सम्बन्ध किये बिना ही स्वतन्त्र रूप से विचार किया जा सकता है। तृतीय क्रम की स्थलाकृतिक आकृतियों के इतिहास की कुंजी उन परिवर्तनों में मिलती है जो स्थल-तल पर अब भी हो रहे हैं अथवा ऐसे समय में हुए हैं कि उनके विवरण आज भी सुस्पष्ट हैं।

स्थल पर हो रहे परिवर्तन (Changes taking place on land)—स्थल पर कुछ परिवर्तन सदैव ही होते रहते हैं। उनमें से कुछ वायुमण्डल, कुछ जल, कुछ हिम और कुछ पृथ्वी पर के जीवों (life of the earth) द्वारा उत्पन्न होते हैं। प्रत्यक्ष अथवा अप्रत्यक्ष रूप से ये शक्तियाँ ही सागर-तल पर भी कतिपय परिवर्तन

उत्पन्न करती है, किन्तु ये परिवर्तन कम महत्त्वपूर्ण होते है, और स्थलाकृति पर अपना सर्वथा भिन्न प्रभाव उत्पन्न करते है।

(१) वायु प्राय. सदैव ही गतिमान रहती है और जब कभी वायु ऐसे तल पर चलती है जहाँ धूल हो तो कुछ धूल वायु द्वारा उठाकर अन्य स्थानो पर पहुँचा दी जाती है। बालू भी, जिसके कण धूल की अपेक्षा अधिक बडे होते है, इसी प्रकार से स्थानान्तरित होती रहती है। अत. पवन (wind) उन शक्तियो मे से एक है जो स्थल-तल को परिवर्तित कर रही है। पवने वायुमण्डल की नमी के वितरण मे भी सहायक होती है और इस प्रकार वर्षा और हिम की मात्रा तथा वितरण को प्रभावित करती है। यद्यपि पवने सागर के नितल (bottom) पर नही बहती है, किन्तु इनके द्वारा स्थल से उड़ायी हुई धूल और बालू सागर मे डाल दी जाती है और वे नीचे डूब जाती है। पवने लहरो को भी उत्पन्न करती है जो समुद्री तटो से जाकर टकराती है, किन्तु जहाँ जल उथला होता है वहाँ पर समुद्र के निचले तल को भी प्रभावित करती है। यद्यपि वायु का प्रभाव सागरो पर, स्थल पर पड़ने वाले प्रभावो की तुलना मे, कम अवश्य होता है तथापि ऐसा नही कहा जा सकता कि पवने सागरीय तलो को प्रभावित ही नही करती।

(२) स्थल और सागर दोनो ही पर वर्षा और हिम पडती है। स्थल पर जो वर्षा होती है वह विभिन्न प्रकार से विलीन हो जाती है, किन्तु इसका एक भाग तल पर बहता रहता है। जब स्थल की हिम पिघलती है तो कुछ जल इसी मार्ग को अपनाता है। स्थल पर नदियो के रूप मे बहता हुआ जल स्थल-तल को परिवर्तित करने वाला अकेला ही सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण कारक (agent) है। नदियाँ स्थल से सागर मे बहुत-सा तलछट (sediment) ले आती है और इस निक्षेपण (deposition) का प्रभाव सागर-तल पर पडता है। यह प्रभाव विशेष रूप से स्थल के निकट वाले तल पर अधिक पडता है।

वर्षा और हिम का जल, जो स्थल-तल के नीचे प्रवेश कर जाता है, खनिज पदार्थो को घुला लेता है। यही जल स्रोतो और कुओ के जल के रूप मे दिखाई पडता है। स्थल-तल के नीचे खनिज पदार्थो का यह घोल (solution—विलयन), और फिर जल द्वारा स्थल-तल के ऊपर उनका स्थानान्तरण, और इसके बाद वहाँ से नदियो के द्वारा उनका समुद्र मे पहुँचाया जाना, ऐसी क्रियाएँ है जो भूपृष्ठ को नीचा करने मे सहायता करती है।

यद्यपि भूतल पर पड़ने वाला जल अप्रत्यक्ष रूप से सागर-तल को प्रभावित करता है, किन्तु जो जल स्वय सागरो पर पड़ता है उसका सागर-तल पर किंचित भी प्रभाव नही पडता है। अतः अवक्षेपण (precipitation) चाहे वर्षा के रूप मे हो अथवा हिम के, स्पष्ट रूप से स्थल-तल को प्रभावित करता है, किन्तु सागर-तल पर उसका प्रभाव नगण्य होता है। इस प्रभाव से केवल वे ही स्थान अछूते रह जाते है जो तटो के समीप है और जहाँ पर स्थल से प्राप्त तलछट का अधिक अश जमा हो जाता है।

(३) हिम की बड़ी शिलाएँ जिन्हे **हिम नदी** (glacier) कहते है, कुछ स्थानो पर स्थल-तल पर मन्द गति से आगे बढती है। ऐसा विशेष रूप से ऊँचे पर्वतो एवं ऊँचे अक्षाशो (high latitudes) मे होता है। हिम नदियाँ (ग्लेशियर) जो स्थायी हिम-क्षेत्रो मे उत्पन्न होती है, अपने तल मे उल्लेखनीय परिवर्तन कर देती है। उनमे से कुछ समुद्र के भीतर कुछ दूरी तक बढ जाती है, किन्तु वे गहरे जल तक कभी नही पहुँचती। वे अधिक से अधिक स्थल-मच के निमग्न किनारो को ही प्रभावित करती है।

पवनें, नदियाँ और हिम नदियाँ सभी स्थल-तल की विषमता को बढाती रहती है। चूँकि ये कारक समुद्र के नितल मे कार्यशील नही है, अत. हम कह सकते है कि स्थल और सागर-नितल की स्थलाकृतियो के अन्तरो को विकसित करने मे इन कारको (शक्तियो) का विशेष हाथ रहा है।

(४) स्थल भाग मे स्थित अनेक झीले और समुद्र की लहरे अपने तटो की स्थिति और सीमाओ मे निरन्तर परिवर्तन करती रहती है। इस प्रकार किये गये परिवर्तन अल्पकाल की दृष्टि से नगण्य है, किन्तु वे पृथ्वी के दीर्घकालीन इतिहास की अवधि मे बहुत महान हो गये है। वे स्थल की उद्‌भूति (relief) की अपेक्षा उसकी रूपरेखा को परिवर्तित करती है, किन्तु साथ ही वे तट के समीप समुद्र अथवा झीलो के नितल की उद्‌भृति को भी महत्त्वपूर्ण रूप मे परिवर्तित कर देती है।

पवने, नदियाँ, हिम-नदियाँ और लहरे **'श्रेणीकरण के कारक'** (agents of gradation) है। वे कुछ स्थानो पर तो **तल को नीचा बना देते** है और कुछ पर **ऊँचा उठा देते** है। सामान्य रूप से वे स्थल को ऊँचा उठाने की अपेक्षा उसे नीचा अधिक बनाते है क्योंकि उनके द्वारा विस्थापित (moved—हटाया हुआ) पदार्थ का अधिकाश समुद्र-गर्त मे पहुँचकर आश्रय पाता है। इसके विपरीत वे सागर-नितल को नीचा करने की अपेक्षा उसे ऊँचा अधिक बनाते है। जहाँ जल बहुत उथला होता है, वही पर लहरे प्रभावपूर्ण रूप मे सागर-नितल को नीचा बनाती है।

(५) तल मे एक अन्य परिवर्तन-क्रम जीवन के माध्यम द्वारा भी होता रहता है। उदाहरण के लिए, मनुष्य ऊँचाइयो को समतल बनाता है और गर्तो को ऊँचा उठाता है, जैसे रेलमार्गो के निर्माण मे। वह नदियो के आर-पार बाँध बनाता है और नदियो के कुछ भाग को तालाब का रूप देता है अथवा झीलो के निष्क्रमो (outlets) पर बाँध बनाकर उनके तल को ऊँचा उठा देता है। वह नदियो के किनारो को ऊँचा उठा देता है और उन्हे बदल देता है और इस प्रकार नदियो के स्वाभाविक मार्गो और उनकी स्वाभाविक क्रियाओ मे परिवर्तन ला देता है। वह दलदलो और झीलो का जल निकाल देता है और सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण यह है कि मनुष्य भूमि को साफ करके (वनो को नष्ट करके) उसे जोतता है और ऐसा करते समय वह मूल वनस्पति (native vegetation) को नष्ट कर देता है और मिट्टी को हिला देता है, और इस प्रकार पवन और प्रवाहित जल की अधिक प्रभावशाली क्रियाओ के लिए मार्ग प्रशस्त करता है। मनुष्य का प्रभाव सागर-नितल पर न के बराबर है।

वनस्पति और जीव, स्थल तथा सागर-नितल दोनो ही को प्रभावित करते है। किसी प्रकार के जीवो (organisms) के द्वारा किये हुए वे निक्षेप (deposit) जो विशेपतया वनस्पतियो के कारण होते है, दलदलो और स्थल की उथली झीलो मे कुछ अधिक व्यापक है, किन्तु वे निक्षेप सामान्यतया उन निक्षेपो की तुलना मे अत्यन्त नगण्य है जो विशेपत उथले जल वाले सागरो के नितल मे, समुद्री जीवो की खोलो (shells), हड्डियो के ढाँचो (skeletons) और अन्य ठोस पदार्थो द्वारा वन जाते है। जीवधारी (organic agents—चेतन पदार्थ) कुछ अर्थो मे तल के क्रम (grade) को उत्पन्न करने वाले साधन होते हैं। वे मुख्यत तल को केवल ऊँचा ही करते है, और वे अचेतन (inorganic) श्रेणीकरण-कारको (gradational agents) से भिन्न कोटि के अन्तर्गत आते हैं।

जीवो के विभिन्न प्रकार तल पर एक रक्षक (protective) प्रभाव रखते है। ऐसा स्थलीय वनस्पति के विपय मे विशेप रूप से सत्य है। वनो तथा घास के मैदानो की वनस्पति भी पवन एव वहते हुए जल की अपक्षरण क्रियाओ (erosive works—क्षय-कार्य) को पर्याप्त मात्रा मे सीमित कर देती है, और इस प्रकार यह घिसाव (degradation) की उस गति को मन्द कर देती है जो इसके अभाव मे होती रहती।

(६) ज्वालामुखी भी स्थल-तल और सागर-नितल दोनो ही को प्रभावित करता है। प्राय समान रूप से अनेक ज्वालामुखियो मे शकु (cones) वन जाते हैं जो पर्वतो की ऊँचाई ग्रहण कर लेते है, किन्तु इस प्रकार जिन पर्वतो का निर्माण होता है वे द्वितीय क्रम की अपेक्षा तृतीय क्रम की स्थलाकृतिक आकृतियाँ है। **ज्वालामुखीय क्रियाओ के विशाल प्रक्रम** (processes of vulcanism)—अधिक गहराइयो से द्रव पदार्थो का तल तक अथवा तल की ओर को प्रवाह—स्थल-तल तथा सागर-नितल को अन्य प्रकार से भी प्रभावित करते है जिनका वर्णन वाद मे किया जाएगा।

(७) यह सर्वविदित है कि स्थलमण्डल का तल कुछ स्थानो पर ऊपर उठता हुआ और कुछ पर नीचे दवता हुआ ज्ञात होता है। ऐसा अतीत काल मे भी होता रहा है क्योकि तलछट (वालू, मिट्टी आदि) की सतहे जिनमे समुद्री शुक्ति (sea (shell आदि मिलती है, और इस प्रकार सतहे जो कभी समुद्र के नीचे थी, अव समुद्र-तल के ऊपर के स्तरो मे मिलती हैं, और कुछ वे क्षेत्र जो कभी स्थल भाग थे, अव समुद्र-तल से नीचे मिलते हैं। भू-पृष्ठ की हलचले सम्भवत कुछ सीमा तक प्रथम क्रम की आकृतियो जैसे सागर-द्रोणो (ocean basins) और स्थल-मचो (continental platforms) और द्वितीय क्रम की स्थलाकृतिक आकृतियो (topographic features) जैसे मैदानो, पठारो और पर्वतो के निर्माण के लिए उत्तरदायी है। सभी प्रकार की भू-पृष्ठीय हलचले, उनका रूप चाहे कैसा ही क्यो न हो, पटल-विरूपण (diastrophism) के सामूहिक नाम से पुकारी जाती है।

श्रेणीकरण (gradation), ज्वालामुखीकरण (vulcanism), और पटल-निरूपण की क्रियाओ का क्रमबद्ध वर्णन किया जाएगा, किन्तु श्रेणीकरण का अध्ययन आरम्भ करने से पूर्व उन पदार्थो का सिहावलोकन आवश्यक है जिन पर श्रेणीकरण के कारक प्रभाव डालते है।

स्थल के पदार्थ
(The Materials of the Land)

अधिकाश स्थल वनस्पति से ढका हुआ है। कुछ स्थानो पर यह वनस्पति इतनी घनी है कि तल पर एक मोटी चटाई का रूप ग्रहण करती है, और कही यह अत्यन्त कम है अथवा पूर्णरूप से इसका अभाव है। तल के उन भागो से हम अधिक परिचित हैं जो वनस्पति से भली प्रकार आच्छादित है, किन्तु बालू से भरे अनेक प्रदेश ऐसे है जहाँ बहुत कम अथवा शून्य वनस्पति मिलती है। इनके अतिरिक्त अनेक उत्प्रपात (cliffs—खडी चट्टाने) है, जिनकी शिलाएं वनस्पति-रहित है और उन पर कही-कही केवल काई अथवा लिचन के ही खण्ड मिलते है। ध्रुवीय प्रदेशो और ऊँचे पर्वतो पर भी अधिकाश भूमि हिम की मोटी परतो से ही ढकी है और उस पर ऐसी कोई भी वनस्पति नही पायी जाती जिसका हमे ज्ञान हो।

आवरण-शैल (Mantle Rock)—अधिकाश प्रदेशो मे वनस्पति के नीचे भिन्न-भिन्न पदार्थो की परते मिलती है, जो मृत्तिका (clay), दोमट (loam), बालू, बजरी (gravel) आदि की बनी है और जो विभिन्न मोटाइयो की है। मृत्तिकामय पदार्थो की यह परत मोटाई मे केवल कुछ सेण्टीमीटर हो सकती है, अथवा सैकडो मीटर गहरी भी हो सकती है। यह असगठित (loose—ढीला) पदार्थ 'आवरण-शैल' कहा जाता है क्योकि यह नीचे की ठोस शैलो को आच्छादित करके छिपा देता है। यह अन्य नामो से भी पुकारा जाता है जिनमे शैल-मलवा (rock waste) और मृदावरण (regolith—आवरण प्रस्तर) मुख्य है।

आवरण-शैल का सबसे ऊपरी भाग सामान्यतया मिट्टी कहा जाता है। मिट्टी का रग काला, धूसर, भूरा अथवा हलका लाल और पीला भी होता है। मिट्टी या तो चिकनी और गठीली (compact) अथवा बलुआ और सरन्ध्र (porous) होती है। अधिकाश दशाओ मे मिट्टी खनिज अथवा शैल के छोटे-छोटे कणो द्वारा निर्मित होती है। यदि किसी सामान्य प्रकार के शैल के एक टुकडे को किसी ओखली मे पीसकर चूर्ण कर दिया जाय तो यह चूर्ण मिट्टी से कुछ-कुछ मिलता-जुलता होगा। सामान्यतया हम शैलो की उन किस्मो को पहचान नही सकते, जिनसे मिट्टी मे खनिज के कण व्याप्त हुए क्योकि अधिकाश कण अत्यन्त छोटे है। खनिज पदार्थ के अतिरिक्त मिट्टी मे न्यूनाधिक अशो मे अपक्षीण (decayed—क्षयी) वनस्पति पदार्थ भी सम्मिलित है। अधिकाश मिट्टी मे जड़ो के टुकड़े देखे जा सकते है। कभी-कभी तो मिट्टी मे सड़ी-गली पत्तियो के टुकड़े भी मिलते है। खनिज और जीवज (organic—जैव) दोनो ही पदार्थ अच्छी मिट्टी के आवश्यक अंग होते है, किन्तु

उनके अनुपात विस्तृत रूप मे भिन्न मिलते है। मिट्टी मे खनिज पदार्थ साधारणत जीवज से कही अधिक मात्रा मे होता है, किन्तु स्थानीय रूप मे, जैसे शैवालपक (bogs) और दलदलो (marshes) मे, जिनको सुखा दिया गया है, चेतन पदार्थ अधिक मात्रा मे होता है। आवरण-शैल का वह भाग जो यथार्थ रूप मे मिट्टी कहलाता है, मोटाई मे कुछ सेण्टीमीटरो से लेकर कुछ मीटरो तक के विस्तार मे होता है।

आबादी का वितरण और उसकी समृद्धि प्राय मिट्टी की उर्वरता से घनिष्ठ रूप मे सम्बन्धित है। ओहियो की घाटी मे (Ohio Basin) 'नीली घास' (blue grass) का केंटुकी (Kentucky) प्रदेश का उपजाऊ मैदान ही वह प्रथम विस्तृत क्षेत्र था जहाँ उपनिवेश स्थापित हुए। इसके निवासी सदैव ही उन्नतिशील और सम्पन्न रहे है। इससे पूर्व की ओर की कुछ पर्वतीय भूमि कम आबादी द्वारा बाद मे धीरे-धीरे आबाद हुई, और उसके निवासी कम उपजाऊ भूमि के कारण सदैव आर्थिक एव बौद्धिक निर्धनता के शिकार रहेगे। तटीय मैदान के कपास तथा तम्बाकू के क्षेत्र, एक ऐसी जलवायु मे जो इन फसलो के लिए अनुकूल है, कुछ अश तक दास-प्रथा के लिए उत्तरदायी थे।

जहाँ पर आवरण-शैल मिट्टी से अधिक मोटी होती है, वहाँ पर मिट्टी कुछ भिन्न रचना के मृत्तिकामय पदार्थ (earthy matter—मटियाले पदार्थ) मे बदल जाती है, जिसको अधोभूमि (subsoil—निचली मिट्टी) कहते है। दोनो के मध्य मे साधारणतया कोई स्पष्ट बिलगाव नही है, किन्तु नियमित रूप से अधोभूमि मिट्टी से अधिक गठीली होती है और उसका रग भी प्राय भिन्न होता है। मिट्टी के समान, अधोभूमि मे भी खनिज और चेतन दोनो ही पदार्थ होते है, यद्यपि मिट्टी की तुलना मे चेतन का अश कम होता है। केवल बडे वृक्षो की बडी जडे ही अधिक सख्या मे अधोभूमि मे प्रवेश कर पाती है। अधोभूमि की मोटाई अधिकाश स्थानो मे मिट्टी की मोटाई से बहुत अधिक होती है, किन्तु इसके विपरीत कुछ स्थानो मे इसका सर्वथा अभाव होता है।

शैल (Rock)—अधोभूमि के नीचे शैल है। जब कोई भूवैज्ञानिक (geologist) शैल (चट्टान) का वर्णन करता है, तो यह आवश्यक नही कि उसका अभिप्राय ठोस शैल से ही हो, क्योकि बालू, बजरी, मृत्तिका आदि अधिक मात्रा और उचित अनुपातो मे, इस पद मे सम्मिलित कर लिये गये है। अधोभूमि स्वय एक प्रकार की शैल है। किन्तु जैसा सामान्य प्रयोग मे आता है उसके अनुसार शैल पद का अर्थ ठोस शैल है, और आवरण-शैल के नीचे, पृथ्वी का अधिकाश भाग निम्नतम सुगम गहराइयो तक और उसके बहुत दूर तक नीचे ठोस शैल से निर्मित है। यह सम्भव है कि पृथ्वी का पिण्ड आन्तरिक भाग (core) तक ठोस ही हो।

अनेक स्थानो मे आवरण शैल इस प्रकार ठोस शैल मे बदल जाता है कि यह स्पष्ट हो जाता है कि आवरण शैल ठोस शैल के अपक्षय (decay) के द्वारा बना है

(चित्र ३६)। इसी कारण आवरण-शैल का अधिक उपयुक्त नाम **शैल-मलवा** ठीक जान पड़ता है। इस प्रकार का आवरण-शैल **स्थानीय** है। यह नीचे की शैल से

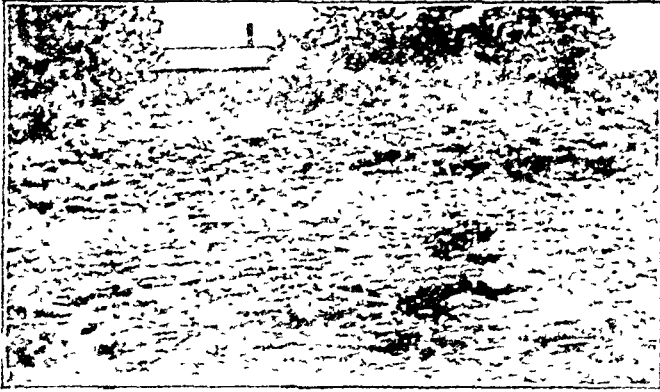



Fig 39
Soil grading down into rock Sandstone, south central Wisconsin. (*MacNeille*)

लिये गये पदार्थों द्वारा बनी है। अन्य स्थानों में अधोभूमि और उसके नीचे की ठोस शैल में विलगाव का तल स्पष्ट रहता है और उसमें श्रेणीकरण (gradation) का आभास नहीं मिलता (चित्र ४०)। इन परिस्थितियों में अनेक स्थानों पर आवरण-

Fig 40
Section showing loose material (glacial drift) on solid rock. Des Moines County, Ia. (*Ia. Geological Survey*)

शैल में ऐसे पदार्थ मिलते हैं जो नीचे की शैल से नहीं लिये जा सकते हैं। वे किसी अन्य स्रोत से अपनी वर्तमान स्थिति में **परिवाहित** (transported) हुए हैं।

ठोस शैल के वर्ग (Classes of solid rock)—पृथ्वी की ठोस शैल कई प्रकार की है। वे रग, शक्ति, गठन, वनावट, उद्भव आदि मे एक दूसरे से भिन्न है, किन्तु साधारण शैल तीन बडे वर्गो मे वर्गीकृत की जा सकती है, जैसे—तलछटी शैल (Sedimentary rocks—परतदार चट्टान, स्तरीय चट्टान), आग्नेय शैल (Igneous Rocks), कायान्तरित शैल (Metamorphic rocks—रूपान्तरित चट्टान, परिवर्तित चट्टान)।

(१) **तलछटी शैल** (Sedimentary rocks)—ये शैल नदियो, झीलो और समुद्रो मे अवनिक्षिप्त (deposited—जमा) हो रहे कीचड, बालू और बजरी के समान ही कभी तलछट (sediments) के रूप मे थी। वे सामान्यतया परतो अथवा तलो मे क्रमवद्ध है, जिनकी मोटाई कुछ सेण्टीमीटरो से लेकर कई मीटरो तक विभिन्न

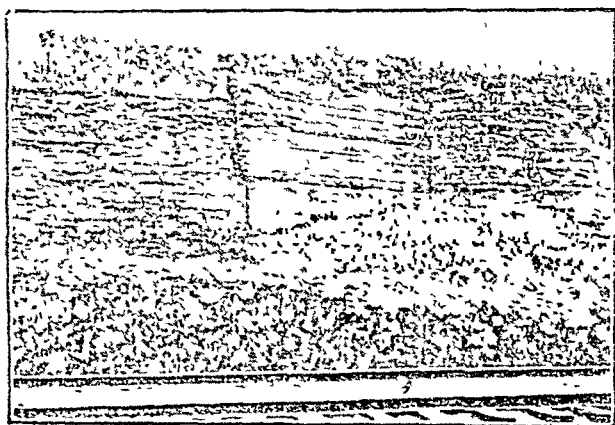



Fig 41
Stratified rock Trenton Limestone, Fort Snelling, Minn (*Calvin*)

हो सकती है। इस रचना के कारण उन्हे **स्तरीय शैल** (stratified rocks—परतदार चट्टान) कहते है। अनेक स्थानो मे परते अथवा स्तर अनुप्रस्थ (horizontal—क्षैतिज) होती है (चित्र ४१), किन्तु अन्य स्थानो पर वे नत (tilted—झुकी हुई) अथवा विभिन्न कोणो मे झुकी हुई होती है। स्तरीय शैल के सामान्य रूपो मे सम्पीडिताश्म (conglomerate), वालुकाश्म (sand stone—बलुआ पत्थर) और शेल (shale—स्लेटी पत्थर) होते है। सम्पीडिताश्म बजरी है जिसकी मिट्टी और पत्थर एक दूसरे से जुड गये है। इसी प्रकार वालुकाश्म बालू है जिसके कण सशिलिष्ट (cemented together) हो गये है, और शेल कीचड है जिसके कण इतने सुसहत (compacted—जुडे हुए) अथवा सशिलिष्ट है कि वे एक ठोस पुज मे सयुक्त होते है। विभिन्न प्रकार के खनिज पदार्थ तलछटी शैल को जोडने के लिए सीमेण्ट का कार्य करते है। साधारणतया सीमेण्ट का कार्य करने वाला पदार्थ तलछट

के कणो अथवा टुकडो मे उस जल द्वारा जमा हो जाता है जिसमे तलछट घोल के रूप मे होता है, और जो कभी तलछट के ऊपर रहता है या उसको भरे हुए रहता है अथवा उसके मध्य से गुजरता है। बजरी के पत्थर, बालू के दाने (कण) और कीचड के छोटे टुकड़े, ये सभी किसी प्राचीनतर शैल से उत्पन्न हुए थे, जो किसी प्रकार टूटकर टुकडो मे विभक्त हो गये। अत शैल की एक पीढी का विनाश दूसरी और उसके बाद आने वाली अगली पीढी के लिए सामग्री प्रदान करता है।

चूनापत्थर स्तरीय शैल का एक अन्य साधारण रूप है, किन्तु इस दशा मे वह खनिज पदार्थ जो शैल को निर्मित करता है, मुख्यतः समुद्र मे रहने वाले जीवो की खोलो अथवा उनके शरीर के अन्य कड़े भागो से प्राप्त हुआ है। प्राचीन शैल के टूटने से प्रत्यक्ष रूप मे प्राप्त होने वाली मिट्टी, बालूकण अथवा कीचड के टुकडो से चूनापत्थर नही बना है। किन्तु चूनापत्थर के तत्त्व भी प्राचीन शैल से इस प्रकार प्राप्त हुए कि वे घोल के रूप मे जल मे घुलकर समुद्र मे पहुँच गये।

बजरी, बालू, कीचड, खोल आदि की बडी परते सागर, झीलो आदि मे बनती रहती है। अत हम निष्कर्ष निकाल सकते है कि सम्पीडिताश्म, बालुकाश्म, शैल और चूनापत्थर आरम्भ मे बजरी, बालू, कीचड, खोल आदि की तहे थी जो उपर्युक्त परिस्थितियो मे एकत्र हो गयी थी। चूँकि ये पदार्थ, जैसे वे अवनिक्षिप्त है, प्राय अनुप्रस्थ स्तरो मे क्रमबद्ध है। अत यह अनुमान किया जाता है कि तलछटी शैल की परतों की मूल स्थिति प्राय अनुप्रस्थ स्थिति ही थी।

अन्य वर्ग की शैलो की अपेक्षा आवरण-शैल के नीचे स्तरीय शैल अधिक व्याप्त है। वे अति उच्च पर्वतीय प्रदेशो मे भी पायी जाती है जहाँ कि स्तर अत्यन्त जटिल रूप मे झुके हुए और वलित (folded) है। इन उच्च स्थानो मे भी अनेक स्तरीय शैलो मे उन जीवो की खोले अथवा अन्य चिह्न मिलते है जो कभी समुद्र मे रहते थे।

इन तथ्यो से निम्नलिखित निष्कर्ष निकाले जा सकते है—(१) स्थल की अनेक शैलो की रचनाओं मे प्रयुक्त पदार्थ समुद्र के नीचे पडे हुए थे, और (२) ये निक्षेप (जमे हुए पदार्थ) एक दूसरे से मिलकर एक हो गये है। उनमे से अनेक अपनी मूल स्थिति मे झुक गये है और उनमे से कुछ अपनी रचना के समय की अपेक्षा बहुत ऊँचे उठ गये है। इस प्रकार की शैल भू-इतिहास के अभिलेखो (records) के अग है और भूतल के अत्यन्त उल्लेखनीय परिवर्तनो की ओर सकेत करती है।

(२) **आग्नेय शैल** (Igneous rocks)—अज्ञात गहराइयो से ज्वालामुखी पर्वतो द्वारा गरम और तरल शैल प्राय धरातल पर आती है। यह तरल शैल लावा कहलाती है। पृथ्वी के भीतर से जो लावा उठता है उसका कुछ भाग तल तक पहुँचने से पहले ही रुक जाता है और जहाँ रुकता है वही ठण्डा हो जाता है और ठोस शैल बन जाता है। वे सभी प्रकार की शैले जो लावा के जमने से बनती है, **आग्नेय शैल** कहलाती है। सामान्यतया वे स्पष्ट तलो अथवा परतो मे नही है। अत

उनको **अस्तरीय** अथवा **स्थूल** कहा जाता है (चित्र ४२)। ग्रेनाइट एक प्रकार की आग्नेय शैल है।

जब आग्नेय शैल का अपक्षय होता है, जैसा कि सभी आग्नेय शैलो का होता है तो अपक्षीण (decayed) कण तल से पवन द्वारा उड़ा लिये जाते है अथवा जल द्वारा घुल जाते हैं, और उचित परिस्थितियो मे तलछट के रूप में जमा हो सकते है। अत: आग्नेय शैलो मे तलछटी शैल का उद्भव हो सकता है।

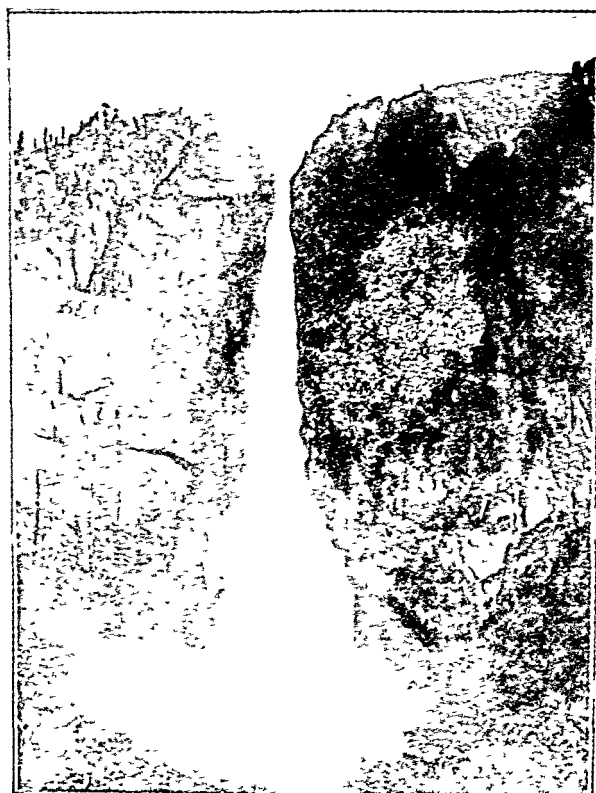



Fig. 42

Massive rock. The Upper Yosemite Falls. Compare the structure of the rock with that shown in Fig 41

(३) **कायान्तरित शैल** (Metamorphic rocks)—यह नाम तृतीय वर्ग की शैलो को दिया गया है। इन शैलो का रूप किसी पूर्व दशा से विशेषत परिवर्तित हुआ है। तलछटी शैल और आग्नेय शैल दोनो ही कायान्तरित शैलो मे परिवर्तित हो सकती है, विशेषतया (१) अधिक दबाव के प्रभाव के कारण जो शैल की रचना

को परिवर्तित कर देता है (चित्र ४३); अथवा (२) जल की क्रिया के कारण जो उनके कुछ भागों को घुलाकर ले जाता है और कुछ नवीन पदार्थ उनमे निक्षेप के रूप मे छोड जाता है, और इस प्रकार शैल के सघटन (composition) को परिवर्तित कर देता है; और (३) ऊष्मा (heat), जो कुछ दशाओं मे उनके खनिज पदार्थ को नवीन रूपों मे पुनः स्फटन (crystallize—रवे बनने) के लिए बाध्य करती है। इन विधियो मे तलछटी शैल और आग्नेय शैले दोनो ही अत्यधिक परिवर्तित हो सकती है।

Fig. 43
Metamorphic rock. (*Ells. Can. Geological Survey*)

समस्त विशाल शैलें, दरारो (cracks) अथवा सन्धियो (joints) द्वारा पारगत (traversed) होती है, जो उन्हे बड़े अथवा छोटे खण्डो मे विभक्त कर देती है। ये सन्धियाँ ऊर्ध्वाधर (vertical) अथवा किसी भी कोण पर झुकी हुई हो सकती है।

२

वायुमण्डल का कार्य

(THE WORK OF THE ATMOSPHERE)

वायुमण्डल स्थल-तल के प्रत्यक्ष सम्पर्क मे रहता है और नीचे की मिट्टी तथा शैलो के भीतर पर्याप्त गहराई तक प्रवेश कर जाता है। मिट्टी और शैल पर इसके प्रभाव अनेक तथा विभिन्न प्रकार के होते है। यहाँ पर अधिक महत्त्वपूर्ण प्रभावो मे से केवल कुछ का ही वर्णन किया जाएगा। कुछ प्रभाव वायु की गतियो के कारण उत्पन्न होते है, कुछ उसके तत्त्वो की रासायनिक क्रिया द्वारा और कुछ स्वय वायु द्वारा पूर्ण न होकर केवल उसके (वायु) द्वारा प्रसीमित (conditioned) होते है।

बलकृत क्रिया—पवन की क्रिया

(Mechanical Work—The Work of the Wind)

धूल (Dust)

सार्वभौमिकता (Universality)—वायुमण्डल धूल से कभी भी रिक्त नही रहता है। शुष्क प्रदेशो मे 'झञ्झा के दिनो मे' (in windy days) वायु मे धूल की मात्रा इतनी अधिक होती है कि हम उसे सरलता से देख सकते है। वायु जिस काल पूर्णत शान्त ज्ञात होती है, तब भी उसमे धूल विद्यमान रहती है। इसका अनुमान इस तथ्य से हो सकता है कि वायु के शान्त रहने पर भी मकानो और विभिन्न प्रकार के घेरो मे धूल जम जाया करती है और एक अँधेरे कमरे मे एक सकीर्ण दरार अथवा एक छोटे छिद्र द्वारा प्रकाश को भीतर प्रवेश करने देकर इस धूल को प्रत्यक्ष देखा जा सकता है। इस प्रकार प्रवेश करने वाले प्रकाश मे असख्य धूल-कण देखे जा सकते है। धूल वायुमण्डल मे ऊँचाई तक विस्तृत है, क्योकि उच्चतम पर्वतो के ऊपर पायी जाने वाली वायु मे भी धूल पर्याप्त मात्रा मे पायी जाती है। धूल अपने उद्गम स्थानो से पवन द्वारा प्रवाहित होकर बहुत दूर तक चली जाती है, क्योकि स्थल से अनेक मील दूर के समुद्र पर भी धूल प्राय गिरती है। यदाकदा महासागरो के मध्य मे चलते हुए जहाजो के डेक पर भी धूल गिरती है।

वायुमण्डल मे धूल की सर्वव्याप्ति अन्य प्रकार से भी सिद्ध की जा सकती है। यदि तुरन्त की गिरी हुई वर्षा के जल का वाष्पीकरण (evaporation) किया जाय तो तलछट की एक न्यून मात्रा बच रहती है। यह तलछट उस धूल को व्यक्त करता है जो गिरी हुई बूँदो द्वारा नीचे लायी गयी है। इसी प्रकार यदि ताजी गिरी हुई

शीन (snow—हिम का प्रथम रूप) को पिघलाकर उसका वाष्पीकरण किया जाए तो धूल का कुछ अवशेष बचेगा। यही बात तब भी मिलेगी जबकि शीन, पर्वतो के शिखरो अथवा किसी ऐसे स्थान से ली जाए, जैसे कि ग्रीनलैण्ड, जो जोते गये स्थलो और गलियो, जिनसे कि घने बसे हुए अधिकाश प्रदेशो को धूल मिलती है, बहुत दूर है। चूँकि सभी वर्षा और सभी शीन धूल को नीचे लाते है, अत हम निष्कर्ष निकालते है कि धूल वायुमण्डल मे सर्वव्याप्त है।

धूल के स्रोत (Sources of dust)—वायुमण्डल मे लटके हुए ठोस पदार्थ के समस्त लघु कण धूल कहे जाते है। मृत्तिकामय पदार्थ के सूक्ष्म कण जो स्थल-तल से वायु मे मिल जाते है, धूल मे प्रचुरतम मात्रा मे है, किन्तु धुएँ के ठोस कण, फूलो के पराग-कण, उन पौधो के बीजाणु जो धूम गोली (puff ball) की तरह फूलते नही है, और अन्य प्रकार के छोटे-छोटे जीवाणु (organism) भी वायुमण्डल की धूल मे प्रचुर मात्रा मे पाये जाते है। अनेक सक्रिय ज्वालामुखियो के समीप उनके द्वारा प्रवाहित शैलो के सूक्ष्म कण वायु मे प्रचुर रूप मे मिलते है। इनके अतिरिक्त अपार्थिव (extra terrestrial) स्रोतो से भी धूल एक तुच्छ मात्रा मे पृथ्वी पर पहुँचती है।

जब पवन वेग मे बहती है तो गलियो, जुते खेतो और किसी अन्य शुष्क धरातल से, जो वनस्पति से आच्छादित नही है, धूल की पर्याप्त मात्रा वायु मे एकत्र हो जाती हैं। जहाँ पर धरातल अति शुष्क होता है, जैसे मरु प्रदेशो मे, और पवन शक्तिशाली होती है, वहाँ पर वायु की उठती हुई धाराओ द्वारा धूल के बादल अथवा आवर्त (whirls) कभी-कभी उत्पन्न हो जाते है और मीलो दूर से देखे जा सकते है। घनी वनस्पति से आच्छादित तलो से पुष्प-परागो के अतिरिक्त वायु को कोई धूल नही मिलती है। आर्द्र अथवा शीन या हिम से ढके धरातलो से भी धूल प्राप्त नही होती है।

ज्वालामुखी की धूल (Volcanic dust)—वे **ज्वालामुखी** जिनके उद्गार प्रस्फोटी (explosive) होते है, प्राय सूक्ष्म कणो मे टूटे हुए खनिज पदार्थ की पर्याप्त मात्रा ऊँचाई तक वायु मे फेंक देते है। इसको **ज्वालामुखी की धूल** अथवा **ज्वालामुखी की राख** कहते है। राख उचित नाम नही है क्योकि यह धूल जलने की क्रिया से उत्पन्न नही होती है। यह लावा है जो प्रस्फोटन के कारण सूक्ष्म टुकडो मे उडा दिया गया है (**चित्र ४४**)। प्रस्फोटन (explosion) की शक्ति कभी-कभी इतनी अधिक होती है कि धूल वायुमण्डल मे बहुत ऊँचाई तक पहुँच जाती है और एक बार उस स्थिति मे पहुँच जाने पर वह पवन द्वारा इधर-उधर प्रवाहित होती रहती है और कुछ परिस्थितियो मे बहुत दूरी तक पहुँच जाती है। जावा और सुमात्रा के बीच क्राकातोआ द्वीप मे अगस्त सन् १८८३ में एक भयकर ज्वालामुखी का उद्गार

Fig. 44
Particles of volcanic dust, greatly magnified.

हुआ था। इसमे आधा द्वीप उड गया था और धूल की अति विशाल मात्राएँ वडी ऊँचाइयो तक पहुँच गयी थी। सूर्यास्तो के रगो पर पडने वाले धूल के प्रभावो द्वारा ही वायु मे इस धूल के मार्ग का पता लगाया गया था। इस प्रकार यह अनुमान किया गया कि लगभग पन्द्रह दिनो मे यह धूल पूर्ण रूप से पृथ्वी के चारो ओर प्रवाहित हुई थी। अधिकांश धूल भूमध्य रेखा के समीपवर्ती अक्षाशों मे पृथ्वी की परिक्रमा की थी, किन्तु इस नीचे अक्षाश से धूल ध्रुवो की ओर भी उल्लेखनीय विस्तार मे फैली थी। ऐसा अनुमान किया गया है कि कुछ धूल उद्गार से तीन साल वाद तक भी वायु मे थी और कुछ स्थिर होने से पूर्व पृथ्वी का कई बार चक्कर लगा चुकी थी। यह सम्भव है कि केवल एक ज्वालामुखी उद्गार से निकली धूल

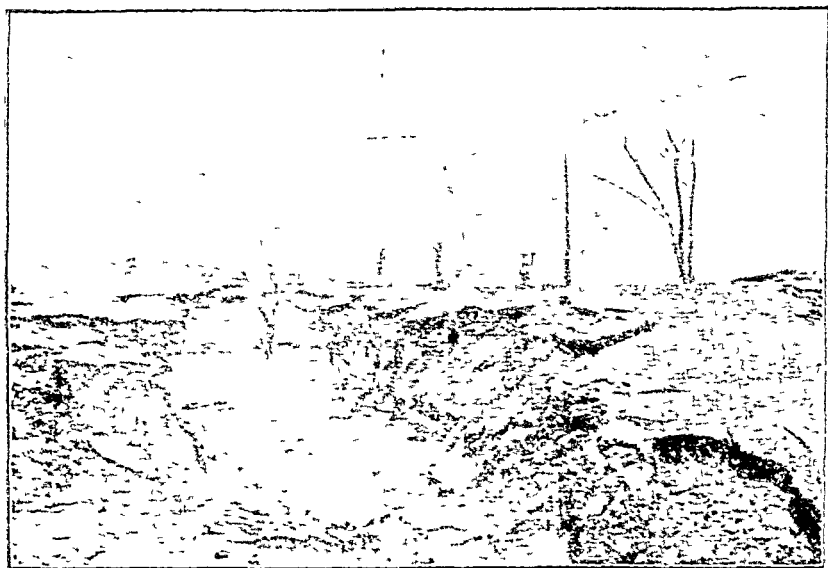



Fig. 45
Thick layer of volcanic dust ($1\frac{1}{2}$ to $1\frac{3}{4}$ metres) on the Richmond estate, Island of St Vincent, 8 kilometres from the crater of the Soufriere After the eruption of 1902. (*Hovey*, *Am. Mus. Nat Hist*)

पृथ्वी के प्राय समस्त भागो तक पहुँची हो। इस उदाहरण से उस विस्तार का पता चल सकता है जिस तक वायु के ऊपरी भाग मे धूल जा सकती है और वह कितने समय की अवधि तक वायु मे लटकी रह सकती है। वायु के निचले भाग मे धूल साधारणत इतनी लम्वी अवधि तक नही लटकी रहती है और न इतनी दूरी तक ही जाती है क्योकि नीचे की पवन कम शक्तिशाली होती है और धूल को अनेक प्रकार की वाधाओ का सामना करना पडता है, जैसे—पहाडियाँ, वृक्ष आदि, जहाँ जाकर यह रुक जाती है। सन् १९०२ मे, पश्चिमी द्वीपसमूहो मे स्थित साउफेरे (Soufriere) और पेली (Pelee) के उद्गारो मे से वड़ी मात्रा मे धूल वाहर निकली थी (चित्र ४५)।

लोएस (Loess—**विमृदा**)—चीन तथा यूरोप के कुछ भागो में और मिसीसिपी द्रोणि (basin) के पर्याप्त क्षेत्रो मे एक विशिष्ट मृत्तिकामय पदार्थ की

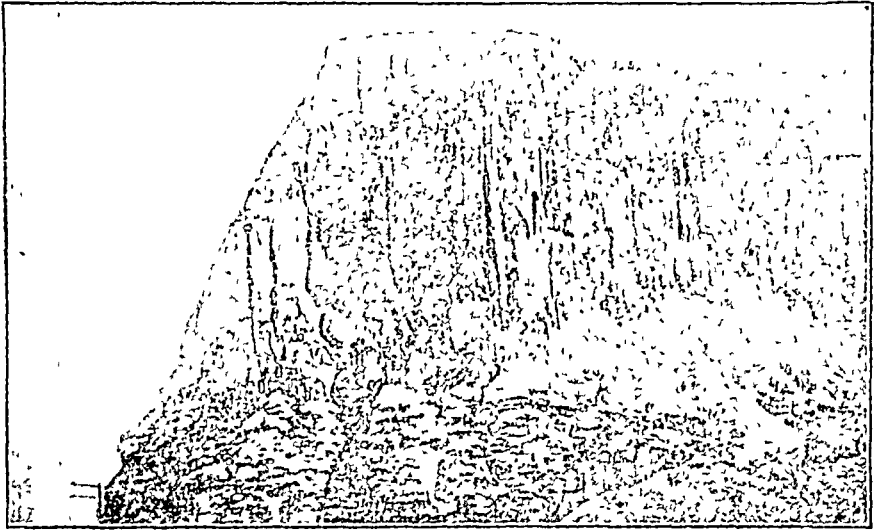



Fig 46
Bluff of loess at Kansas City. The cliff was developed by erosion after the loess was deposited. (*Mo. Geological Survey*)

पर्याप्त मोटाइयाँ मिलती है। इस पदार्थ के कण वालू के कणो से छोटे किन्तु मृत्तिका

Fig 47
Cliff of loess near Huang-tu-Chai in northern Shan-si.
(*Willis, Carnegie Institution*)

(clay) के कणो से वड़े होते है। इसको **लोएस** कहते है जिसका अधिकाश वायु द्वारा निक्षिप्त हुआ था। शुष्क दिनो मे जव वायु का वेग प्रवल होता है तव मिसौरी

जैसी नदियो के बाढ़ के मैदानो से धूल के बादल धरातल से उठते है और समीपवर्ती उच्च भूमि पर जाकर जमा हो जाते है। यह धूल यदि वास्तव मे लोएस नही होती तो भी यह लोएस के अत्यधिक समान अवश्य होती है। धूल के जम जाने के पश्चात् अपक्षरण (erosion) लोएस मे उत्प्रपात (cliffs) विकसित कर देता है जो बहुत दिनो तक सीधे (steep) अथवा ऊर्ध्वाधर (vertical) किनारो सहित खड़े रहते है (चित्र ४६-५०)। चीन मे कहा जाता है कि लोएस कुछ स्थानो पर बीसियो मीटर

Fig. 48
A bluff of loess in China on which a temple stands.
(*Willis, Carnegie Institution*)

मोटी है किन्तु मिसीसिपी की घाटी मे लोएस की मोटाई १० मीटर से १५ मीटर तक से अधिक केवल कुछ ही स्थानो मे है। चीन के कुछ भागो मे वहाँ के निवासियो ने लोएस की क्रमिक तहो के सीधे (steep) किन्तु मुलायम किनारो मे मकान भी खोद लिये है (चित्र ४९)।

धूल किस प्रकार वायु मे रहती है—यद्यपि धूल अधिकाशत खनिज पदार्थो की बनी होती है जो वायु से बहुत अधिक भारी होती है, फिर भी वह हवा मे लटकी रहती है क्योकि (१) धूल के कण इतने छोटे होते है कि उनकी मात्रा

(masses) के अनुपात मे उनके तल बडे होते है, अत वायु मे होकर उनके नीचे उतरने मे घर्षण (friction) क्रिया अधिक होती है। और, क्योंकि (२) वायुमण्डल

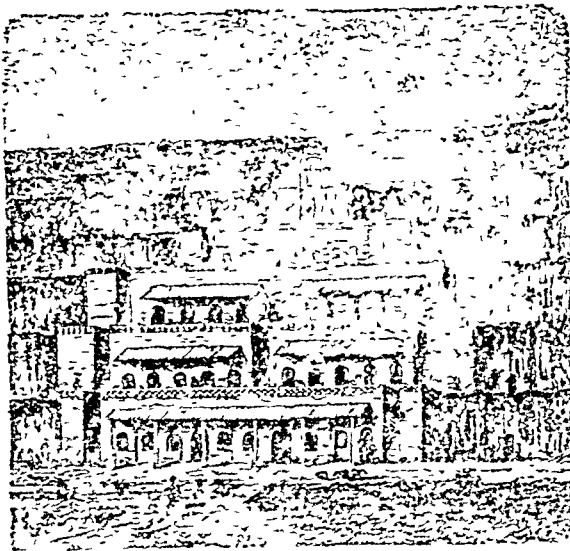



Fig 49
Facade of a group of buildings in a bluff of loess, Province of Shan-si, China (*Richthofen*)

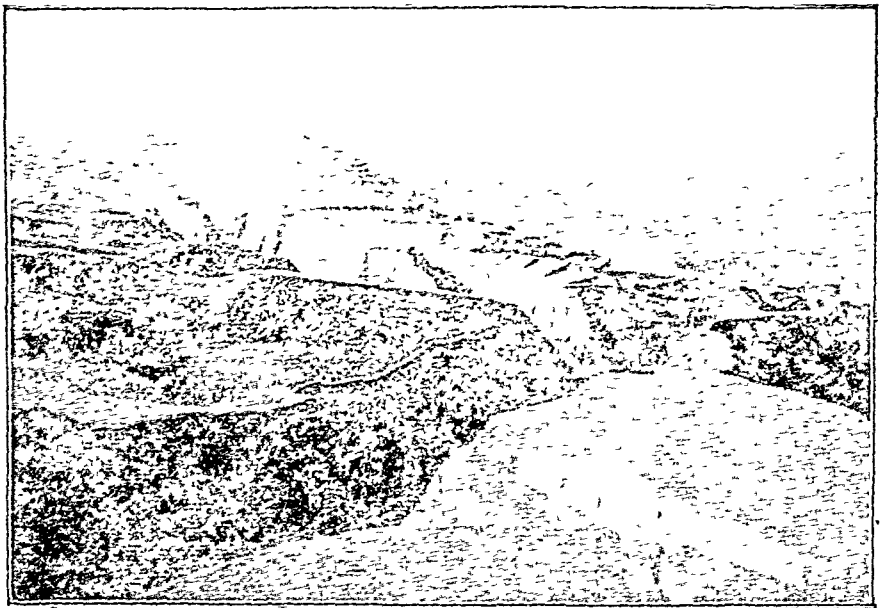



Fig. 50
Slopes of loess in China, terraced by man for agricultural purposes. (*Willis, Carnegie Institution*)

में अनेक ऊपर की ओर को जाने वाली धाराएँ होती हैं जो धूल को पृथ्वी की आकर्षण शक्ति (gravity) के होते हुए भी ऊपर की ओर ले जाती हैं। वास्तव मे, वायुमण्डल की धूल सदैव कही न कहीं स्थिर होती रहती है और उसकी नवीन पूर्ति (supply) भी निरन्तर होती ही रहती है।

वितरण (Distribution)—वायु मे धूल के सचलन (movement) के विषय मे जो जानकारी प्राप्त है उसको दृष्टि मे रखते हुए सम्भवत. ऐसा कहना अतिशयोक्ति नही होगी कि धरातल के सभी भूभाग जो वायु को धूल प्रदान करने मे समर्थ होते है, आपस में धूल का आदान-प्रदान कर चुके है। बहुत-सी धूल महासागरो अथवा अन्य जल समूहो मे गिरती रहती है जहाँ से पवन उसे पुन. नही उठा पाती है, किन्तु जो धूल स्थल पर गिरती है वह पवन द्वारा पुन. उठायी जा सकती है और बार-बार इधर-उधर उड़ायी जा सकती है।

पवन के क्रम-स्थापन सम्बन्धी प्रभाव (Gradational effects of wind)—चूँकि धूल निरन्तर स्थल से समुद्र को प्रवाहित होती रहती है (समुद्र से स्थल को लौटकर नही आती) और समुद्र उसके अनुरूप प्रतिफल (return) स्थल को नही दे पाता है, अत सामान्यत. पवन द्वारा धूल को उठाने की क्रिया स्थल को निरन्तर नीचा और समुद्र-नितल (bottom of the sea) को ऊँचा बनाती रहती है; परन्तु स्थानीय रूप मे (कही-कही) पवन भूमि पर भी धूल को जमा करती रहती है और स्थल को ऊँचा करती है।

बालू (Sand)

बालू के स्रोत (Sources of sand)—मन्द पवनें भी धूल को उठाती और उसे एक स्थान मे दूसरे स्थान को ढोती भी रहती है। प्रबल पवन तो बालू के कणो को ही नही बल्कि छोटी गिट्टियो (pebbles) अथवा ककडियो तक को भी उठाकर ढो ले जाती है। सूक्ष्म पदार्थों की भाँति बालू उसी स्थिति मे ही प्रवाहित हो पाती है जबकि वह शुष्क हो। समुद्रो तथा झीलो के अनेक तटो पर, कुछ घाटियो के तलो मे, मरुस्थलीय प्रदेशो मे, और कुछ अन्य स्थानो मे बालू पर्याप्त मात्रा में पायी जाती है। इन स्थानो मे से अधिकाश स्थान ऐसे है जहाँ बालू (sand) कुछ समय तक शुष्क रहती है और इनमे से कुछ स्थानो मे वह अधिकांश समय शुष्क ही रहती है।

पवनोढ़ बालू का संवास (Lodgment of wind-blown sand—**पवन द्वारा ढोयी गयी बालू का जमाव**)—बालू के कण वायु मे प्राय. उतनी ऊँचाइयो तक नही पहुँच पाते है जितने कि धूल के कण, और न वे उतने समय तक वायु मे रुक ही पाते है। अपनी बडी मात्रा (mass) के कारण, पवन के वेग मे रुकावट आते ही वे धूल की अपेक्षा अधिक शीघ्रता से नीचे गिर जाते हैं। चूँकि बालू के कण मुख्यत. वायुमण्डल के निचले भागो में ही स्थित रह पाते है, अत धरातल पर से मिलने वाली बाधाओ द्वारा उनके रुकने की सम्भावनाएँ धूल की अपेक्षा बहुत अधिक होती है। इस प्रकार प्रत्येक वृक्ष, लट्ठा, ठूँठ, भवन और बाढ़ा, तथा प्रत्येक टीला और पहाड़ी, जिनके विरुद्ध बालू उडती है, उसके कुछ भाग को स्थान-विशेष पर

ठहर जाने (नवास—lodgment) के लिए ठीक वैसे ही वाध्य कर देती है जैसे कि वायु द्वारा प्रवाहित हिम या शीत (snow) को वे रुकने के लिए वाध्य करती है। इससे यह परिणाम निकलता है कि बालू धूल के समान ही कुछ असमान रूप मे टीलो (mounds) और कटको (ridges) के रूप में, धरातल पर मिलने वाली किसी प्रकार की वाधा (obstacle) के समीप एकत्र हो जाती है।

बलुआ टिब्बे (Dunes)[1]—वे टीले (mounds) और कटक (ridges) जो वायु द्वारा उडाकर लाये हुए अथवा वायूढ (eolian) रेत से बनते है, **बलुआ टिब्बे** कहलाते है (चित्र ५१)। एक बार प्रारम्भ हो जाने पर बलुआ टिब्बा अन्य उडती

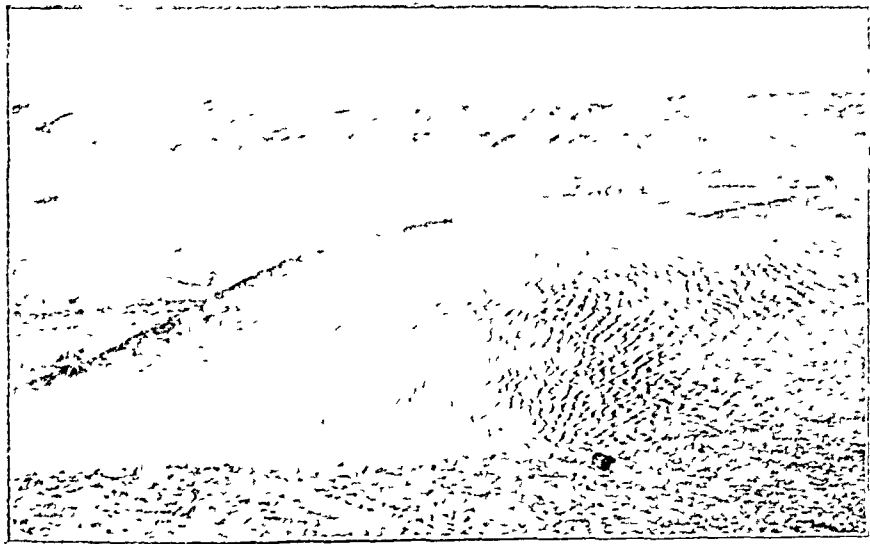



Fig. 51
A ripple-marked sand dune in the foreground.
(*U. S. Geological Survey*)

हुई बालू के लिए एक वाधा उपस्थित कर देता है और अधिकाधिक बालू के ठहरते रहने के कारण टिब्बा बढता जाता है। इस प्रकार बीसियो मीटर ऊँचे बालू के टीले और उनकी कटके पवन द्वारा बनती है। बडे टिब्बो की अपेक्षा छोटे बलुआ टिब्बे बहुत अधिक सख्या मे होते है।

बलुआ टिब्बों का वितरण (Distribution of dunes)—बलुआ टिब्बे प्रधानत. पर्याप्त बालू के भण्डारो के समीप मिलते है। अत वे सयुक्त राज्य में न्यूयार्क के दक्षिण अटलाण्टिक तट पर अधिकता से पाये जाते है। यहाँ पर बालू तरगो द्वारा पुलिन (beach—किनारे) पर फेक दी जाती है और सूख जाने पर वह पवन का शिकार हो जाती है। पश्चिम से चलती हुई पवने बालू को सागर मे उडा ले जाती है, किन्तु अन्य दिशाओ से आने वाली पवने, विशेपकर पूरब दिशा

[1] See *Geog. Jour.*, April 10, p. 379.

से आती हुई पवने, बालू को स्थल की ओर को ढोती है और उसको उठाकर बलुआ टिब्बे बना देती है। मिशीगन झील के पूर्वी किनारे पर भी बलुआ टिब्बे प्रचुरता से पाये जाते है और उनमे से कुछ बहुत बडे होते है, किन्तु झील के पश्चिमी तट पर उनका सर्वथा अभाव है। इसका कारण यह है कि प्रचलित (prevailing) और प्रबलतम दोनो ही पवने पश्चिम से चलती है। घाटियो के पवनाभिमुख किनारो (windward sides) की अपेक्षा उनके 'हवा ओट दिशा' (leeward—प्रतिवात) के किनारो पर बलुआ टिब्बे अधिक मिलते है। इसलिए जहाँ पछुआ पवन चलती है वहाँ पर घाटियो के पूर्वी किनारो पर पश्चिमी किनारो की अपेक्षा, बलुआ टिब्बे अधिक सामान्य है। सामान्यतया वे घाटियो के उत्तरी किनारो की अपेक्षा दक्षिणी किनारो पर अधिक सामान्य है क्योकि जाडो की झझाकारी पवने (storm winds) पश्चिम-दक्षिण की ओर से न आकर पश्चिमोत्तर से आती है। बडे मैदानो (great plains) के अर्द्ध-मरुस्थली प्रदेशो मे, जैसे पश्चिमी नेब्रास्का (Nebraska) और पश्चिमी कसास (Kansas) मे, सहस्रो वर्गमील के विस्तार वाले खण्डो मे बलुआ

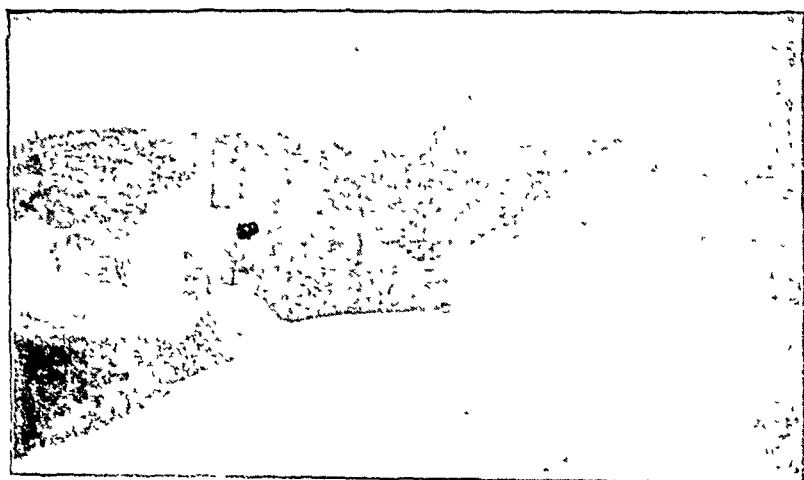



Fig 52

A group of dunes at the head of Lake Michigan.
Dune Park, Ind. (*Meyers*)

टिब्बे मिलते है। आरकसास नदी और सिमारोन (Cimarron) के मध्य का बलुआ टिब्बो का प्रदेश पश्चिमी सयुक्त राज्य के उपनिवेश बनाने की क्रिया (colonization) मे कठिनतम बाधक था। वाइयोमिग (Wyoming) के पश्चिमी-मध्यवर्ती भाग मे भी बड़े आकार के बलुआ टिब्बे है। सहारा जैसे और भी अधिक शुष्क प्रदेशो मे बलुआ टिब्बे अपने उच्चतम विकास को प्राप्त करते है।

स्थानीय रूप मे बलुआ टिब्बे तल की सर्वाधिक स्पष्ट आकृतियाँ (features)

है। सामान्यतया वे पर्वती क्षेत्रों की अपेक्षा मैदानों और निचले पठारों पर अधिक सामान्य रूप में पाये जाते हैं।

बलुआ टिब्बों की समाकृति (Configuration of dunes)—बलुआ टिब्बों की आकृतियों में व्यापक विभिन्नता मिलती है। यदि वे टीलों की आकृति में हैं तो वे गोल अथवा अण्डाकार हो सकते है, किन्तु कुछ की रूपरेखा अत्यन्त अनियमित होती है। बलुआ टिब्बों की कटकें (ridges) छोटी अथवा लम्बी और सीधी अथवा वक्र (curved) हो सकती हैं। सामान्यतः प्रतिवात (leeward) ढाल पवनाभिमुख (windward) ढाल से अधिक सीधा होता है परन्तु एक ही बलुआ टिब्बे का आकार समय-समय पर बदलता रहता है। जब बलुआ टिब्बे पवन द्वारा नाशन-क्रिया (process of destruction) में रहते हैं तो उनके आकारों के अत्यन्त

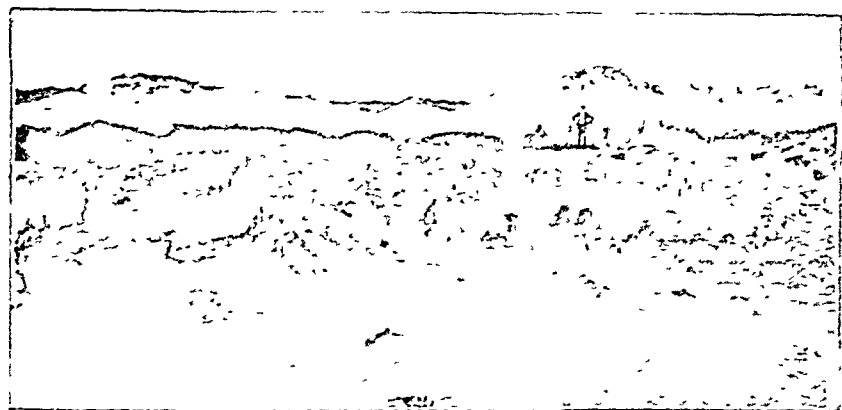



Fig 53
Dunes at Longport, coast of New Jersey, showing the irregular forms developed by winds which erode.

अनियमित होने की सम्भावना रहती है (चित्र ५३)। कुछ परिस्थितियों में इसका कारण यह है कि उन पर उगने वाली वनस्पति उस बालू को जकड़ लेती है जिसमें उसकी जड़ें होती हैं।

अनेक बलुआ टिब्बों से सम्बन्धित गर्त भी मिलते हैं (पट्ट ५)। कुछ गर्तों (depressions) में निष्क्रम (outlet—जल के निकास मार्ग) होते हैं और कुछ में नहीं। इन गर्तों में से कुछ पवन द्वारा प्रदर्वी (scooped) हुए और कुछ के चारों ओर बलुआ टिब्बों के बनने से वे घिर गये।

वायूढ़ बालू की नाशन-शक्ति (Destructiveness of eolian sand)—बलुआ टिब्बों के रूप में बालू का एकत्रित होना किसी-किसी स्थान पर बहुत हानिकारक होता है। बलुआ टिब्बों के विकसित होने के कारण समुद्र-तटों की कृषि-योग्य भूमि के संकीर्ण खण्ड ऊजड़ बन गये हैं। बड़े वृक्षों के वन भी उनके नीचे दब जाते हैं (चित्र ५४)। कुछ प्रकार के वृक्ष अपनी दफनाने वाली बालू से अपना

जीवन सुरक्षित रखने के लिए अत्यन्त वीरता से प्रयत्न करते है और वे अपने उद्भव आधारो से बहुत दूर ऊपर तक अपनी जडे फेक देते है। इस प्रकार उनमे से कुछ

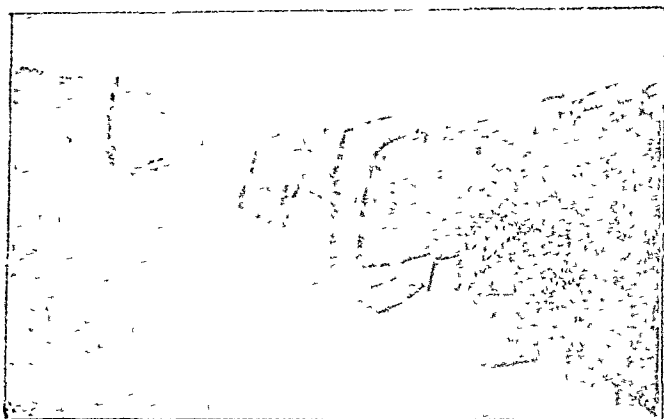



Fig 54
Lee side of a sand dune, Cape Heniy, Va. The dune is advancing on a forest and burying the trese. (*Hitchcock*)

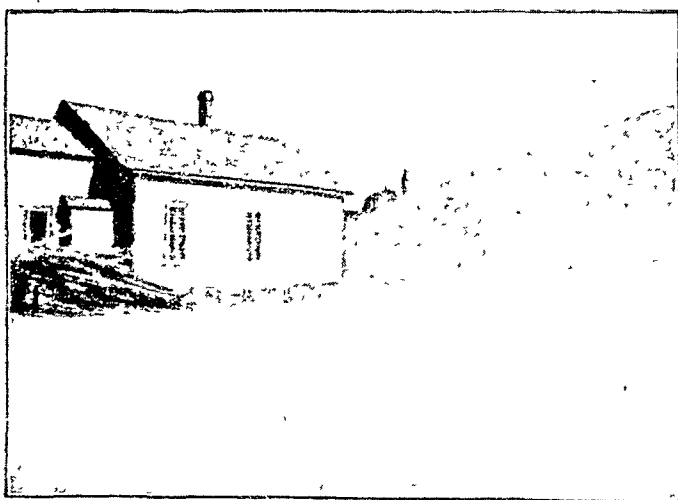



Fig. 55
Sand dune showing the effect of a building on the disposition of the sand. The wind reflected from the building keeps sand from accumulating against it. Mainstee, Mich. (*Hitchcock*)

तब तक जीवित बचे रहते है जब तक कि वे प्राय ढक नही जाते। कभी-कभी बालू ऐसे घरो तक को भी, जिनमे कोई नही रहता, दफना देती है, किन्तु किसी-किसी

PLATE V

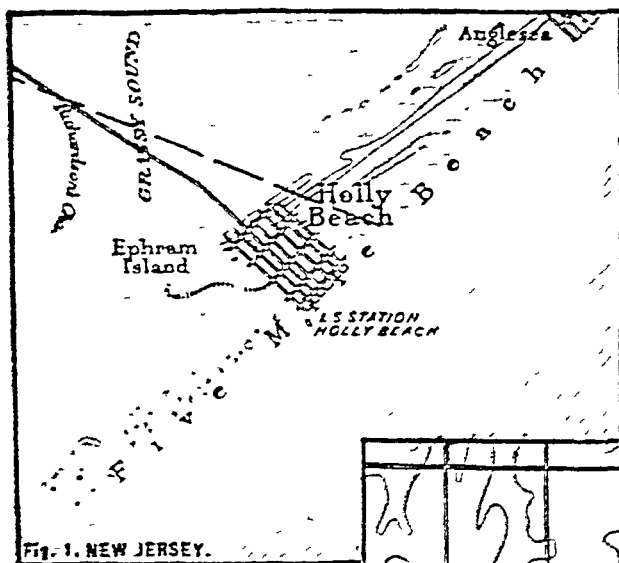



FIG 1.—Dunes on coast of New Jersey Scale 1+ miles per inch. Contour interval 10 feet. (Cape May Sheet, U S. Geol Surv.)

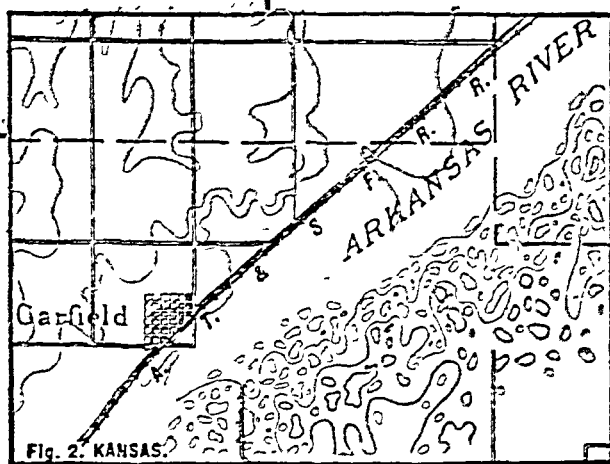



FIG. 2.—Dunes along Arkansas River in Kansas. Scale 2+ miles per inch. Contour interval 20 feet (Larned Sheet, U. S Geol. Surv)

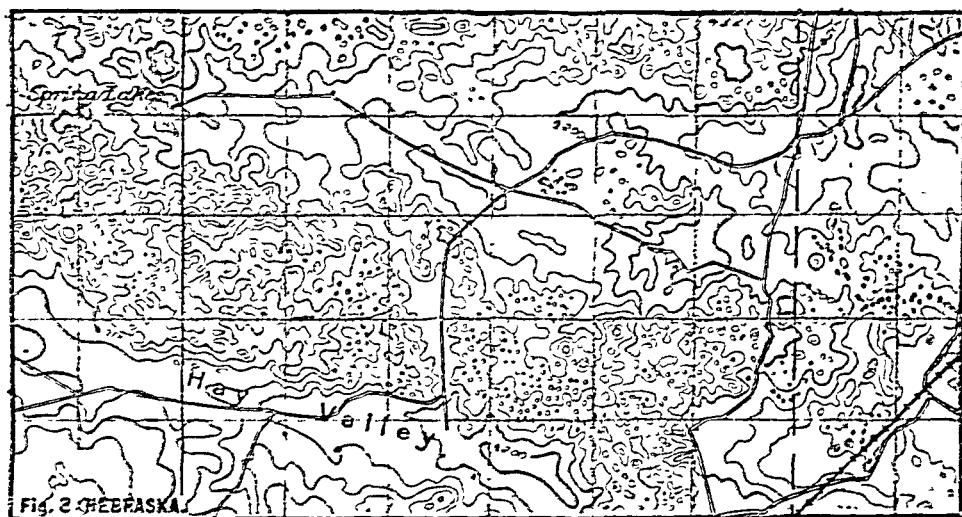
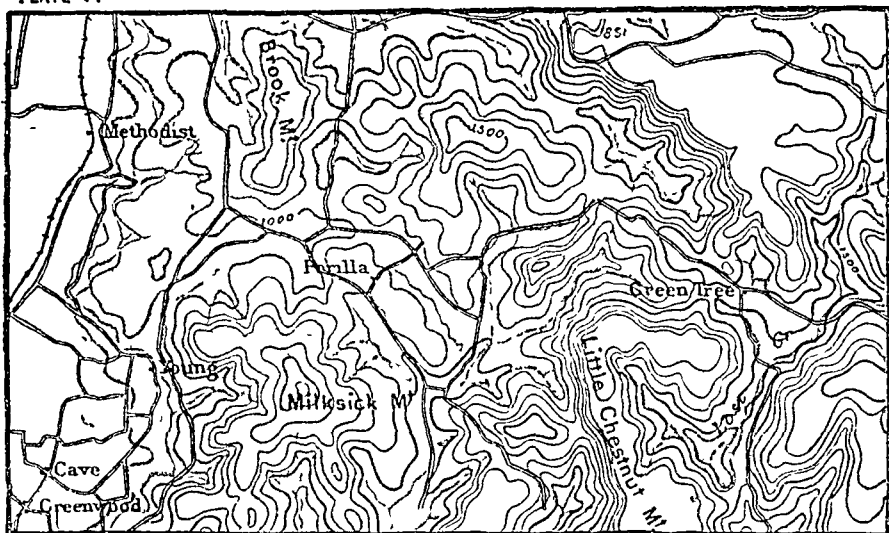



FIG. 3 —Dunes in plains of Nebraska. Scale 2+ miles per inch. Contour interval 20 feet. (Camp Clarke Sheet, U S Geol Surv)

PLATE VI

Limestone sinks due to solution by ground-water. The depression contours are hachured. Scale 2+ miles per inch. Contour interval 100 feet. (Pikeville, Tenn., Sheet, U S Geol Surv)

भवन के आसपास बालू इतनी शीघ्रता से जमा नहीं हो पाती कि उसे मानव प्रयासों द्वारा अलग न किया जा सके। वहन की हुई बालू कभी-कभी रेल-मार्गों के लिए भी कठिनाई उत्पन्न कर सकती है। अफ्रीका के मरुस्थल में अनेक कारवाँ बालू के तूफानों से नष्ट हो चुके हैं और कहा जाता है कि कैम्बीसिस (Cambyses) की ५०,००० सैनिकों की एक सेना बालू में विवश होकर उसके नीचे दब गयी थी।

बलुआ टिब्बों का प्रव्रजन अथवा स्थानान्तरण (Migration of dunes)—अनेक बलुआ टिब्बे 'स्थान परिवर्तन करने वाले' (migratory) होते हैं। बालू टिब्बों के पवनाभिमुख पार्श्व (windward sides) से उड़ती है और उनके प्रतिवात पार्श्व (leeward side) में जमा होती है। बालू के पवनाभिमुख पार्श्व से प्रतिवात पार्श्व की ओर को निरन्तर स्थान परिवर्तन करने के कारण बलुआ टिब्बा मन्द गति से 'प्रचलित पवनों' (prevailing winds) के साथ आगे बढ़ता रहता है। बलुआ टिब्बों के प्रथम विकास के समान ही उनका स्थानान्तरण (migration) भी प्राय. उपजाऊ भूमि, वनों, भवनों आदि को नष्ट कर देता है।

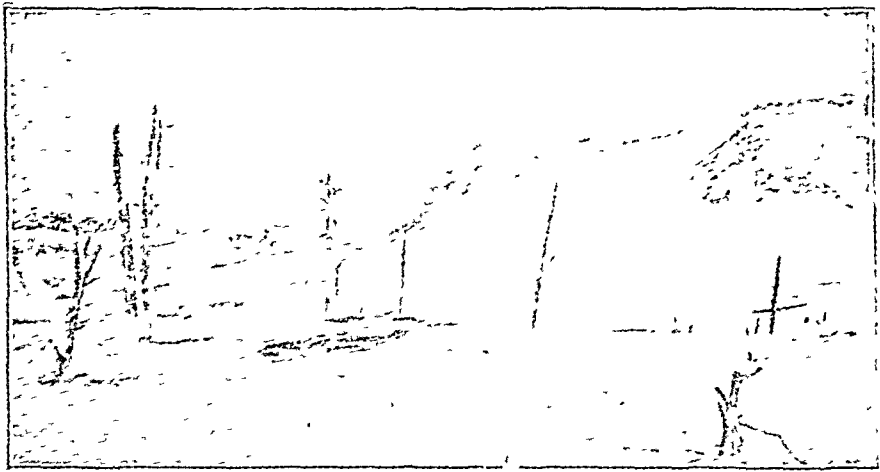



Fig. 56
A resurrected forest. After burying and killing the forest, the sand was blown away. exposing the dead trees. Head of Lake Michigan. (*Meyers*)

प्राकृतिक क्रियाओं और ऐतिहासिक विवरणों—दोनों ही से हमें बलुआ टिब्बों के प्रव्रजन के विस्तार का कुछ आभास मिल सकता है। जैसे, वे बलुआ टिब्बे जिन्होंने वनों को आक्रान्त कर उन्हें दबा दिया था, जब आगे बढ़ते हैं तो वे वन जो दबकर मृत हो गये थे, पुन प्रकट हो जाते हैं। यह **चित्र ५६** में निर्देशित किया गया है। बलुआ टिब्बों के सचलन (movement) के कारण अन्य वस्तुएँ भी प्रकट हो सकती हैं। उत्तरी कारोलिना के समुद्र-तट पर एक स्थान में एक बलुआ क्षेत्र कब्रगाह (cemetry) के लिए काम में लाया जाता था। पवन ने बालू को इस सीमा तक दूर उड़ा दिया कि दफन किये गये मुर्दों की हड्डियाँ दिखाई पड़ने लगी (**चित्र ५७**)।

आधुनिक खोजो से पता चलता है कि "सैकडो, सम्भवत सहस्रो, वर्ग मीलों मे मध्य एशिया मे कस्बे और नगर दबे हुए है।"[1] इन नगरो मे से कम से कम कुछ नगर प्रव्राजी बलुआ टिब्बो द्वारा दफन हुए है।

Fig 57
Migration of dune sand, exposing bones in a cemetery Hatteras Island, N C (*Cobb*)

बलुआ टिब्बो का प्रव्रजन कुछ समुद्री तटो पर इतना सर्वनाशी है कि उनके सचलन को रोकने के लिए यत्न किये जाते है। यदि कोई टिब्बा वनस्पति से आच्छादित हो जाए तो उसकी स्थिति मे परिवर्तन होने की सम्भावना तब तक नही रहती है जब तक कि उस पर वनस्पति है, क्योकि पौधो मे बालू को दबाये

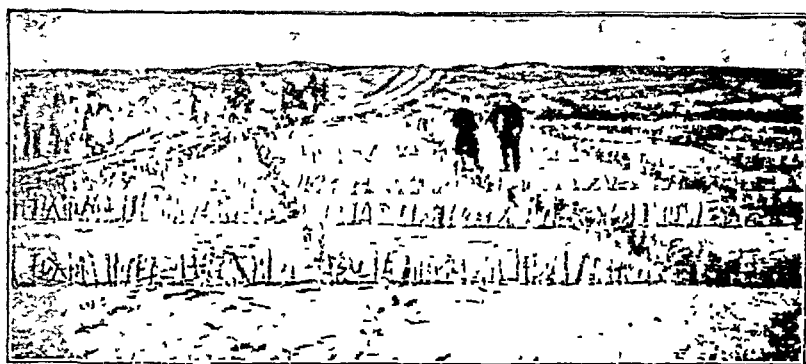



Fig. 58
Dune sand held by brush fences on the Kurische Nehrung, North Germany.

रखने (pinning down) की शक्ति है। ऐसी परिस्थितियो मे उगने वाले वृक्ष, झाडियाँ इत्यादि कभी-कभी बालू पर उगा दिये जाते है जिससे उसका आगे स्थान परिवर्तन न हो सके (चित्र ५८)। यूरोप के पश्चिमी तट पर, जहाँ भूमि मूल्यवान

[1] *Nat Geog. Mag.*, Vol. XVI, 1905, p 499

है, ऐसा विभिन्न स्थानों पर किया जाता है। ऐसा अमरीका मे भी कुछ सीमा तक किया गया है, जैसे सैनफ्रांसिस्को के पास तटीय ढाल पर झाडियाँ लगायी गयी है ताकि समुद्र-तट की बालू उडकर गोल्डन गेट पार्क (Golden Gate Park) तक न पहुँच सके। सन् १८२६ और १८३८ के बीच सयुक्त राज्य सरकार ने प्राविन्सटाउन (Provincetown, Mass) के बन्दरगाह के तटो पर बलुआ टिब्बो को रोकने के लिए २८,००० डालर खर्च किये थे। परन्तु ऐसी दशा मे भी वनस्पति-आच्छादित बलुआ टिब्बो पर अतिरिक्त बालू आकर जमा हो सकती है।

समस्त वायूढ़ बालू बलुआ टिब्बों मे नही[1]—समस्त वायूढ (eolian) बालू बलुआ टिब्बे ही नही बनाती है। इनमें से कुछ जहाँ धरातल पर संवास (lodges)

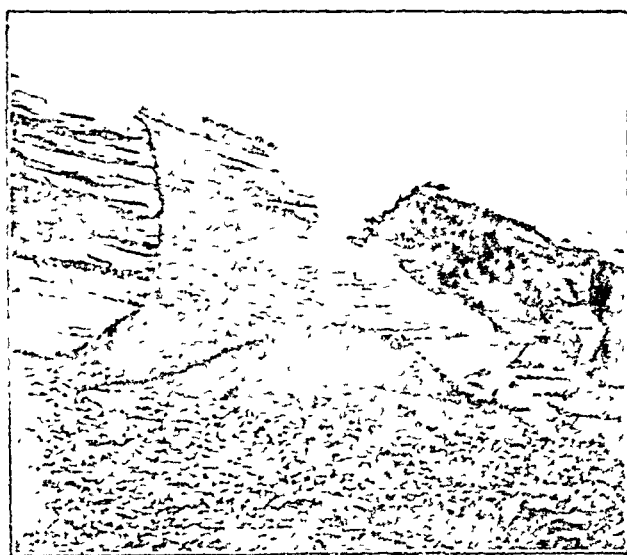



Fig 59
A phase of wind-carving on sandstone.
Wyoming. (*Bastin*)

करती है वहाँ कुछ समरूप मे भी फैलती है। बलुआ टिब्बो की अपेक्षा वायूढ बालू सम्भवत. अधिक व्यापक होती है।

तरंग-चिह्न (Ripple-marks)—किसी-किसी वायूढ (windblown) बालू पर स्पष्ट रूप से तरग-चिह्न मिलते है (**चित्र ५१**), जो जल के नीचे निक्षिप्त (deposited) बालू पर पडे चिह्नो से पर्याप्त सीमा तक मिलते-जुलते है।

क्रम-स्थापन सम्बन्धी प्रभाव (Gradational effects)—स्थल से बहुत-सी बालू समुद्र मे उड जाती है, किन्तु लहरे कुछ बालू को पुन· पुलिन (beach) पर वहा लाती है। प्रथम क्रिया स्थल के परिमाण को कम करती है जबकि दूसरी उसे बढाती है। इन दोनों क्रियाओ का सापेक्ष महत्त्व ज्ञात नही है। सामान्यतया बालू

[1] Not all eolian sand in dunes.

के उडने से होने वाला परिभ्रशन (degradation—घिसाव) जहाँ तक स्थल का सम्वन्ध है, वालू के निक्षेप से होने वाले उच्चयन (aggradation—जमाव) से अधिक है। परन्तु स्थानीय दशाओ मे द्वितीय प्रभाव अधिक स्पष्ट होता है।

स्थल पर स्थान-परिवर्तन करने वाली, अथवा पवन द्वारा स्थल से समुद्र मे जाने वाली धूल और वालू की मात्रा वहुत अधिक है। यह अनुमान किया गया है कि प्रवल आँधियो मे वायु मे धूल और बालू की मात्रा वायु के प्रत्येक घन किलोमीटर मे ३०,८२० मीटरिक टन तक हो सकती है, परन्तु वायु मे धूल की औसत मात्रा सम्भवत उपरोक्त मात्रा के एक प्रतिशत का वहुत छोटा अश ही होता है।

यदि हम यह ज्ञात कर सके कि प्रतिदिन स्थल से समुद्र मे कितने टन वालू और धूल उडकर पहुँचती है तो निस्सन्देह वह सख्या अत्यन्त प्रभावोत्पादक होगी, किन्तु यह मात्रा कभी निश्चित नही हुई है।

पवन द्वारा घर्षण (Abrasion by the wind)—शैल-तल के प्रतिवाहित (blown) वालू और धूल वालू-वात (sand blash) का प्रभाव रखती है और कडी चट्टानो को भी घिस देती है। यदि वालू से टकराने वाले तल की कठोरता

Fig. 60
Erosion Columns in Monument Park, Colo.; partly the product of wind erosion (*Fairbanks*)

असमान है तो कठोर भागो की अपेक्षा नरम भाग अधिक शीघ्रता से घिस जाते है। जिन प्रदेशो मे पर्याप्त वालू पवन द्वारा उडायी जाती है, वहाँ वाहर को निकली हुई चट्टाने प्राय विचित्र रूपो मे उत्कीर्ण (carved) हो जाती है। आर्द्र जलवायु वाले मैदानी प्रदेशो मे जहाँ अनावृत (bare—नग्न) चट्टाने वहुत कम मिलती है, वहाँ

पवनोढ वालू (wind-driven) द्वारा किया गया घर्षण प्रभावहीन होता है, किन्तु अर्द्ध-मरुस्थलीय प्रदेशों में जहाँ कि स्थलाकृति (topography) विषम होती है और जहाँ पहाड़ियों और अनावृत्त शैलों की बहुलता होती है, वहाँ यह घर्षण अत्यन्त प्रभावपूर्ण होता है। शैल-तलों के घिसने में वालू की अपेक्षा पवनोढ धूल बहुत कम प्रभावशाली होती है।

वायु के अवयवों द्वारा रासायनिक क्रिया
(Chemical Work of the Constituents of the Air)

वायुमण्डल के प्रमुख अवयवों में से एक अवयव आक्सीजन (जारक) है, और आक्सीजन एक ऐसा पदार्थ है जो रासायनिक रूप में क्रियाशील है। यह क्रिया आर्द्रता की उपस्थिति में विशेष रूप से होती है। जब फौलाद का कोई टुकड़ा, जैसे चाकू का फलक (knife-blade), वायु में रख दिया जाता है तो आक्सीजन की क्रिया देखने में आती है। टुकड़े में शीघ्रता से मोरचा लग जाता है। इसका अर्थ यह है कि वायु में से आक्सीजन और पानी लोहे के साथ मिल गये हैं और लोहे के मोरचे में तीनों ही पदार्थ संयुक्त होकर एक हो गये हैं। यह सर्वविदित है कि मोरचा छिलकों के रूप में निकल आता है और इस पद्धति द्वारा चाकू का फलक शीघ्र ही मोरचे का भक्ष्य बन जाएगा अर्थात् वह पूर्ण रूप से मोरचे में परिवर्तित हो जाएगा। जब आक्सीजन लोहे के साथ मिल जाती है तो कहा जाता है कि लोहा **जारित** (oxidized) हो गया। यदि उसी समय पानी भी सम्मिश्रण में मिल जाए, जैसा कि उस समय होता है जबकि लोहे में मोरचा लगता है, तो कहा जाता है कि **अयो-जारेय** (iron oxide) **जलीयित** (hydrated) हो गया। अतः लोहे का मोरचा **जलीयित-अयो-जारेय** (hydrated oxide of iron) है। लौह-मोरचा (iron-rust) में आक्सीजन और पानी की मात्रा (भार) लोहे के भार से अधिक होती है।

इसी प्रकार के परिवर्तन चट्टानों में होते रहते हैं। कुछ चट्टानों में किसी न किसी सम्मिश्रण (combination) में लोहा पर्याप्त रहता है, और चट्टानों में उपस्थित लोहा भी उसी प्रकार के परिवर्तनों का विषय बनता है, जैसे कि चाकू का फलक सहन करता है। चट्टानों में, जैसा कि चाकू के फलक में, लौह का जारण (oxidation) सामान्यतः उन चट्टानों के खण्ड-खण्ड होने में सहायक होता है जिनका कि वह एक अवयव है। चट्टानों में स्थित अन्य पदार्थ भी जारित और जलीयित होते हैं और अनेक दशाओं में यह चट्टानों के टूटने का कारण होता है।

वायुमण्डल के अन्य अवयव भी सामान्य चट्टानों के कुछ खनिजों को परिवर्तित करने में सक्रिय हैं। उदाहरण के लिए, वायुमण्डल की **कारबन-डाई-आक्साइड (प्रांगार द्विजारेय)** (Co_2) जो चट्टान के कुछ अवयवों के सम्मिश्रण में आती है, उसके विषय में ऐसा होता है। चट्टान के अन्य अवयवों के साथ कारबन-डाई-आक्साइड का सम्मेलन **प्रांगारीयण** (carbonation) कहलाता है। जारण की भाँति प्रांगरीयण भी प्रभावित चट्टानों के टूटने में साधारणतः सहायक होता है।

अपक्षयण (Weathering)—जारण (oxidation) और प्रागरीयण (carbonation) के समान वे समस्त परिवर्तन, जो चट्टान के टूटने मे सहायक होते है, **अपयक्षण** (मौसमीकरण) की सामान्य क्रिया की प्रावस्थाएँ (phases) होती है, जिनमे अधिकाश प्राकृतिक, मूक (silent) क्रियाएँ सम्मिलित है जो तल पर अथवा उसके निकट की चट्टान को तोडती रहती है। अपक्षयण की क्रियाएँ अत्यन्त महत्त्वपूर्ण होती है। पृथ्वी की अधिकाश मिट्टी (soil) और अधोभूमि (sub-soil—आवरण शैल) उन्ही के द्वारा निर्मित हुई है। इसके अतिरिक्त वायु तथा जल द्वारा शीघ्र परिवहन (transportation) होने के लिए चट्टानो का अपक्षयण एक आवश्यक आयोजन है।

वायु के प्रभाव द्वारा किये गये परिवर्तन
(Changes Brought About under the Influence of the Air)

स्थल के तल पर तापमान से वडे परिवर्तन होते रहते है, और ये परिवर्तन धरातल के प्राकृतिक भूवृत्त (Physiography) मे महत्त्वपूर्ण होते है। कुछ प्रदेशो मे पृथ्वी की चट्टानो पर तापमान द्वारा उत्पन्न परिवर्तनो के प्रभाव अन्य प्रदेशो की अपेक्षा अत्यधिक स्पप्ट है। किन्तु प्रत्यक्ष रूप मे अथवा परोक्ष रूप मे वे सभी स्थानो पर महत्त्वपूर्ण है!

हिमीकरण और हिम-द्रवण (Freezing and thawing)—अनेक प्रदेशो मे जहाँ तल मिट्टी से भली प्रकार ढका है, मिट्टी जाडे मे जम जाती है, अर्थात् मिट्टी मे निहित जल जम जाता है जिससे मिट्टी ठोस हो जाती है। जव तक कि मिट्टी जमी हुई है, वह उडायी अथवा वहायी नही जा सकती है। कम तापमानो मे भी अवक्षेपण (precipitation) वर्षा के रूप मे न होकर शीन (snow) के रूप मे होता है। स्थल पर शीन का तुरन्त वही प्रभाव नही पडता जो वर्षा का होता है। जब शीन पिघलती है तो तल के ऊपर पानी उसी प्रकार वहता है जैसे वर्षा का पानी वहता है, किन्तु यदि पिघलती हुई शीन के नीचे की मिट्टी जमी हुई है तो वहते हुए जल का प्रभाव सापेक्षतया कम होता है।

जहाँ मिट्टी की परत पतली है अथवा उसका अभाव है, वहाँ पर तल के नीचे जो पानी प्रवेश कर जाता है वह नीचे की चट्टानो की दरारो मे जम सकता है। चूँकि पानी जमने के बाद उसके परिमाण (volume) का प्राय $\frac{१}{१०}$ भाग विस्तृत हो जाता है, अत चट्टान की दरारो (सन्धियो) मे जव पानी प्राय भर जाता है, और जमकर हिम बनता है तो वह हिम एक पच्चर (wedge—फन्नी) का काम करती है और दरारो को चौडा वनाकर अन्त मे चट्टान को खण्ड-खण्ड कर देती है। इस प्रकार के प्रभाव प्राय उन वोतलो अथवा पात्रो के टूटने पर मिलते है जिनमे पानी को जमने दिया जाता है। चट्टानो के खण्डित होने की यह क्रिया सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण वहाँ होती है जहाँ आर्द्रता की मात्रा अधिक होती है, और जहाँ तापमान के परिवर्तन जल के हिमाक (freezing point) के ऊपर और नीचे बार-बार होते है, अर्थात् मध्यवर्ती अक्षाशो मे अथवा उन ऊँचाइयो पर जहाँ कि तापमान मध्यवर्ती अक्षाशो के समान होता है।

शैल का विस्तरण और संकुचन; शैल-विघटन (Expansion and contraction of rock, rock-breaking)—जहाँ पर ठोस शैल के ऊपर ढीले पदार्थ का आवरण हलका अथवा न के तुल्य होता है, जैसा कि अनेक खडे ढालो पर और कुछ अन्य स्थानो पर होता है, वहाँ पर चट्टान दिन मे उष्ण और रात्रि मे शीतल हो जाती है। अधिक ऊँचाइयो पर और विशेषतया उन ढालो और उत्प्रपातो (cliffs) पर जिन पर दोपहर की धूप पडती है, शैल-तल पर तापमान का दैनिक परिवर्तन अधिक होता है। ऐसे स्थानो मे शैल-तल (surface of the rock) दिन के समय बहुत गरम हो सकता है। चूँकि चट्टान ऊष्मा का एक कुसवाहक (poor conductor of heat) है, अत इसका ऊपरी तल ही विशेष रूप मे तप्त हो जाता है। ऊष्मा शैल का विस्तार करती है और यह सम्भव है कि जब चट्टान का तप्त भाग विस्तृत हो तो वह

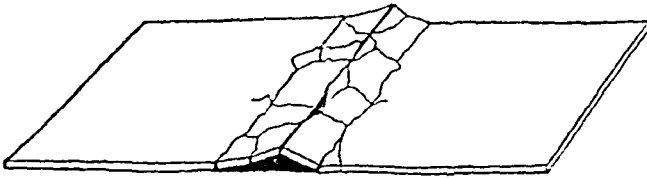



Fig 61

A cement walk broken under expansion by sun-heat

नीचे के शीतल अविस्तृत भाग मे अलग हो जाए। दिन के ढलने पर शैल-तल शीतल होकर सकुचित हो जाता है। शैल का सबसे ऊपरी भाग पहले शीतल होता है और सबसे अधिक ठण्डा होता है, और टूटने लगता है। यही सिद्धान्त वहाँ भी काम करता है जबकि ठण्डा शीशा उष्ण जल के स्पर्श मे, अथवा गरम शीशा शीतल जल के स्पर्श मे टूट जाता है।

जब हिम नही भी जमती है तो भी गरम होने मे और शीतल होने मे चट्टान का विघटन (breaking) एक अति सामान्य प्राकृतिक घटना है। जैसे, गरमी के अति उष्ण दिनो मे सीमेण्ट के बने पथो पर सीमेण्ट के खण्ड इस सीमा तक विस्तृत होते हुए देखे गये है कि वे टूट जाते है (चित्र ६१)। पत्थर की खानों मे उनके फर्श की चट्टाने कभी-कभी सूर्य की उष्णता से इस प्रकार फैल जाती है कि वह सीमेण्ट खण्डो की भाँति ऊपर उठकर टेढी हो जाती हैं और टूट जाती है। शिकागो के समीप चूनापत्थर की खानो मे ऐसा बार-बार देखा गया है। यह क्रिया ड्रेनेज

Fig 62

Concentric weathering or exfoliation of bowlder. Eastern California

(*Fairbanks*)

केनाल (drainage canal) के फर्श पर पानी के अन्दर आने से पहले भी देखी गयी है। धरातल पर पडे हुए अनेक गोल पत्थर (bowlder) वितुषण क्रिया (shelling off) के शिकार होते देखे जाते है (**चित्र ६२**), और यही क्रिया कभी-कभी पर्वत-शिखरो पर भी देखी जाती है (**चित्र ६३**)। उच्च पर्वतीय प्रदेशो मे जहॉ तापमान के परिवर्तन अधिक और आकस्मिक होते है, वहॉ पर की चट्टाने नियमित रूप मे अधिक टूटती है। यह क्रिया इस सीमा तक पायी गयी है कि अनेक तीक्ष्ण पर्वत-शिखरो का तल चटकी हुई (cracked) और टूटी चट्टानो से ढका हुआ है। वे इतनी असुरक्षित होती है कि एक स्पर्श अथवा पग अनेक खण्डो को शिथिल कर देगा और वे खण्ड पर्वत से नीचे की ओर गिरने लगेगे (**चित्र ६४**)। इस प्रकार के मलवे के ढेर जिन्हे **भग्नाश्म राशि** (talus) कहते है, अनेक पश्चिमी

Fig 63
Exfoliation on a mountain slope Mount Starr-King, Cal.

पहाडो के आधारो को कई बीसियो मीटरो तक ढके हुए है (**चित्र ६५**)। भग्नाश्म राशि के शैल-खण्डो का विस्तार छोटे-छोटे टुकडो से लेकर टनो भारी खण्डो के आकार मे मिलता है।

इस बात का ध्यान रखना चाहिए कि शैल-विघटन की क्रिया मे प्रयुक्त तापमान के परिवर्तन शैल (rock) के तापमान के परिवर्तन है, वायु के तापमान के नही। सूर्य की धूप मे शैल का तापमान उसके ऊपर की वायु के तापमान से विशेष अधिक हो सकता है। अत वायु इस क्रिया को केवल इस कारण प्रभावित करती है कि वायु का कुछ प्रभाव उस **तापमान-परिवर्तन की मात्रा** पर पडता है जो दिन मे

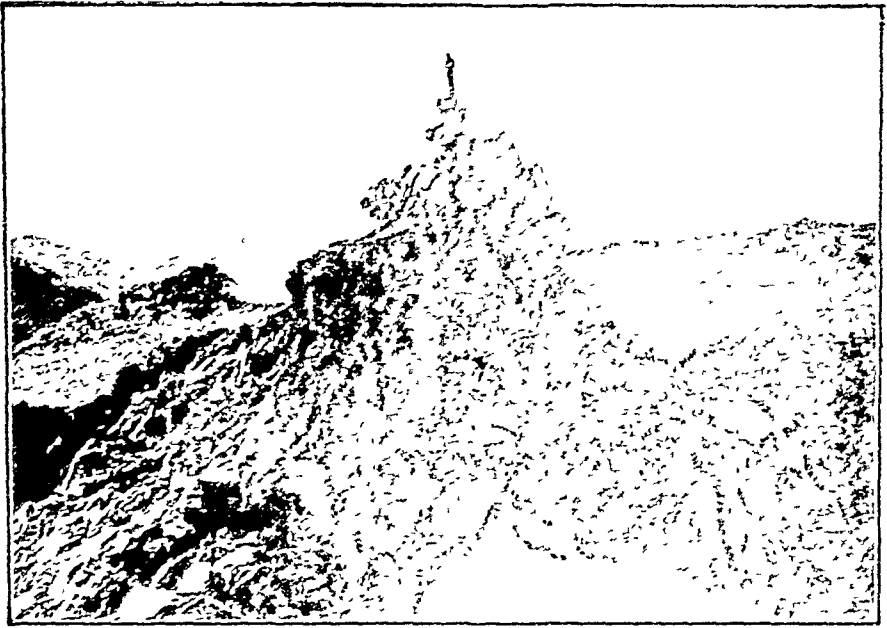



Fig. 64
Crumbling on a mountain top Kearsarge Pass,
Sierra Nevada Mountains.

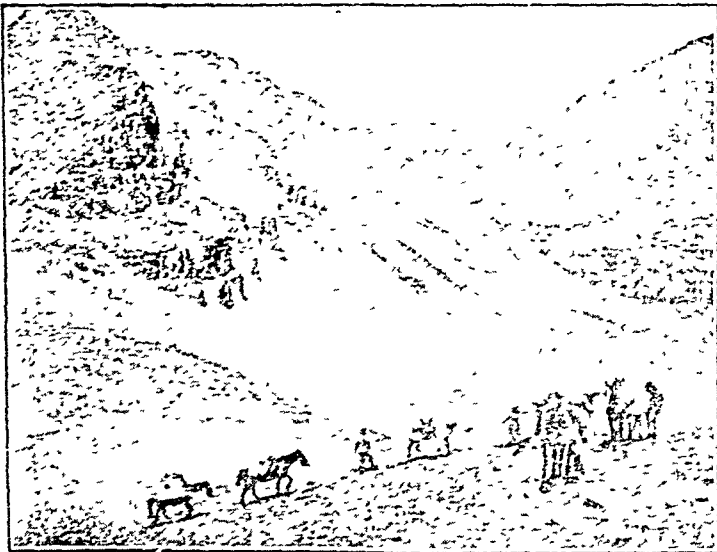



Fig. 65
Talus slope

शैल-तल मे मिलता है। घनी [जैसा निम्न तुगता मे (altitude—ऊँचाई)] और आर्द्र वायु, तापमान की चरमताओ (extremes) को कम कर देती है, और अधिक ऊँचाई की हलकी और शुष्क वायु अधिक तापमानान्तर (great range) उत्पन्न करती है। तापमान के प्रभावोत्पादक परिवर्तन, जो दरारो और छिद्रो मे जल के हिमीकरण (freezing) से सम्बन्धित नही है, हिमीकरण से सम्बन्धित परिवर्तनो की अपेक्षा इतनी अधिक वार मिलते है कि सम्भवत शैल-विघटन की क्रिया मे वे द्वितीय प्रकार के परिवर्तनो की अपेक्षा विशेष महत्त्वपूर्ण है।

शैल-विघटन की यह क्रिया **अपक्षयण क्रिया** का एक रूप है। इस क्रिया द्वारा शिथिल किया हुआ मलवा यदि वह आगे बढ़ता है तो गुरुत्व के प्रभाव के कारण उच्चतर स्तरो (levels) से निम्नतर स्तरो की ओर वढता है। इस क्रिया का सामान्य प्रभाव यह पड़ता है कि उच्च स्थान निम्नतर होते रहते है, और खडे ढालो के आधारो के समीप के निम्नतर तल ऊँचे होते रहते है।

पौधो की जडे मिट्टी मे प्रवेश कर उसे शिथिल वना देती है और इस प्रकार तल के नीचे के भागो मे पानी का प्रवेश सरल वना देती है। कभी-कभी जडे शैल की दरारो मे उग जाती है और जैसे-जैसे वे वढ़ती है, वे पच्चरो (wedges) का काम करती है। इस प्रकार वड़ी-वड़ी शैल शिथिल वना दी जा सकती है। जब कोई वृक्ष गिर पडता है तो भूमि फट जाती है और कई मीटर की गहराई तक शैल पदार्थ (rock material) कभी-कभी जल के हिमीकरण, वायु और वर्पा की क्रियाओं के लिए खुल जाता है। इसके पश्चात, जब पौधे सडते है तो अम्ल (acid) वनते है जो भूमि के जल की विघटन शक्ति (dissolving power) की वृद्धि करते है। विभिन्न प्रकार के ऐसे जीव जो विल वनाकर रहते है (burrowing animals), भूमि को शिथिल करते रहते है और पानी के प्रवेश के लिए जलमार्ग (channels) वना देते है। चीटी और केचुए के समान क्षुद्र प्राणी भी इस सम्बन्ध मे महत्त्वपूर्ण कार्य सम्पादित करते है। मेसाचुसेट्स (Massachusetts) मे यह अनुमान किया गया है कि चीटी प्रत्येक वर्ष लगभग ३ सेण्टीमीटर की चौथाई वारीक मिट्टी तल पर ले आती है। डारविन ने अनुमान लगाया था कि उस प्रदेश मे, जिसका उसने अध्ययन किया था, केचुए प्रति वर्ष तल के प्रत्येक एकड भूमि पर सात से अठारह टन तक पदार्थ नीचे से ऊपर लाते है।

साराश
(Summary)

सामान्यत. वायुमण्डल के कार्य और वायुमण्डल द्वारा नियन्त्रित कार्यो की प्रवृत्ति स्थल के तल को निम्नतर वनाने और तल के पदार्थो को शिथिल करने की होती है ताकि वे अन्य कारको (agencies) द्वारा सरलता से निम्नतर स्तरो को पहुँचाये जा सके। वायुमण्डल के परिभ्रंशनकारी कार्य (degradational work) का सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण रूप अपक्षयण (weathering) है अथवा ऐसी तैयारी है कि वह परिभ्रंशन (degradation) के अन्य और अधिक शक्तिशाली कारको द्वारा हटाया जा सके। परन्तु फिर भी, जैसा हम देखेगे, कि अपक्षयण मे वायुमण्डल ही एकमात्र सम्बन्धित कारक नही होता है।

३

भूमिगत-जल की क्रिया

(THE WORK OF GROUND-WATER)

सामान्य तथ्य
(General Facts)

स्थल पर क्रियाशील कारकों मे से जल एक सक्रियतम कारक है। वर्षा तथा शीघ्रता से पिघलते हुए हिम के समय प्रत्येक ढाल पर जल की क्रिया देखी जा सकती है। जल की क्रिया प्रत्येक नदी और झीलो एवं सागरो की लहरों मे भी देखी जाती है। मिट्टी मे समाया हुआ तथा मिट्टी के नीचे की चट्टानो मे स्थित जल भी सक्रिय रहता है, यद्यपि उसके कार्यो का प्रभाव नदियो और लहरो के कार्यो की अपेक्षा कम स्पष्ट रहता है।

स्थल-जल का स्रोत (Source of land-water)—स्थल का जल वायुमण्डल से पृथ्वी पर गिरा है। वायुमण्डल मे सदैव कुछ आर्द्रता जल-वाष्प के रूप मे स्थित रहती है। वाष्पीकरण क्रिया (evaporation) द्वारा समस्त आर्द्र तलो से वाष्प निरन्तर वायु मे उठती रहती है। वाष्पीकरण क्रिया का वर्णन हम अन्य अध्याय मे करेगे। इस सर्वविदित तथ्य को उदाहरण के रूप मे रखा जा सकता है कि धूप मे, अथवा किसी उष्ण शुष्क स्थान मे, कोई आर्द्र तल शीघ्र ही सूख जाया करता है। आर्द्र स्थल-तलो और जल-तलो मे भी सब समय यही क्रिया होती रहती है।

किन्ही परिस्थितियो मे वायु की कुछ आर्द्रता बूंदो के रूप मे सघनित (condensed) हो जाती है और वर्षा के रूप मे नीचे गिरती है, अथवा वह तापमान, जिस पर जलवाष्प का सघनन (condensation) होता है, यदि जल के हिमाक (freezing point) से नीचे होता है, तो सघनन के साथ ही आर्द्रता जम जाती है और बूंदो के स्थान पर आर्द्रता से शीत-लव (snow flakes) बन जाया करते है (**चित्र ६६**)। स्थल पर गिरने वाली वर्षा और हिम (हिम-जल) की औसत मात्रा प्राय: १००० मिलीमीटर (४० इच) वार्षिक है। दूसरे शब्दो मे कहा जा सकता है कि अवक्षेपण (precipitation) (वर्षा तथा हिम) जो स्थल पर प्रत्येक वर्ष गिरता है, वह इतना पर्याप्त होता है कि, यदि वह समान रूप से वितरित हो, तो स्थल के तल के ऊपर वह एक मीटर के लगभग गहराई मे पानी की एक परत बना सकता

है। स्थल के ऊपर १,००० मिलीमीटर (४० इच) पानी का परिमाण (volume) प्राय. १,४५,००० घन किलोमीटर (३५,००० घनमील) होगा। चूँकि नदियाँ प्राय

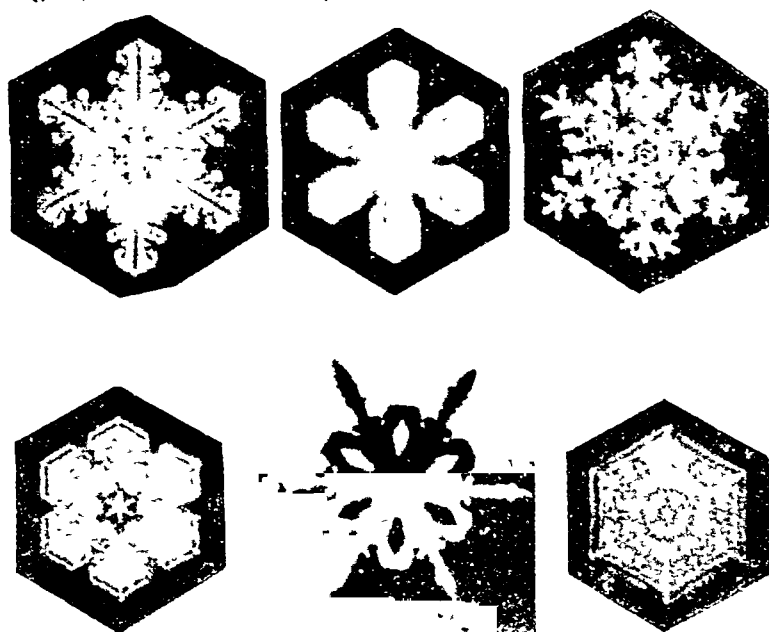



Fig 66
Photographs of snowflakes, showing something of their diversity of form. (*Bentley*)

२७,१०० घन किलोमीटर (६,५०० घनमील) पानी ही प्रति वर्ष समुद्रो मे लाती है, अत. यह स्पष्ट है कि वर्षा के जल का अधिकतर भाग नदियो द्वारा समुद्रो मे नही पहुँचा करता है।

वर्षा के जल की स्थिति (The fate of rain water)—जो पानी भूमि पर वरसता है वह विभिन्न प्रकारो से अदृश्य हो जाता है। इसका कुछ भाग तुरन्त तल के नीचे चला जाता है, कुछ भाग जलाशयो अथवा झीलो के रूप मे उसके ऊपर रहता है, कुछ भाग तुरन्त तल के ऊपर वहने लगता है, और कुछ भाग का वाष्पीकरण हो जाया करता है। अब प्रश्न यह है कि किसी स्थान पर पडी वर्षा का कौनसा अनुपात उपरोक्त प्रत्येक प्रकारो के अनुसार अदृश्य हो जाया करता है। यह क्रिया अनेक परिस्थितियो पर निर्भर रहा करती है, जिनमे से निम्न परिस्थितियाँ प्रमुख है—(१) तल की स्थलाकृति (topography of the surface), (२) वर्षा की दर (अथवा हिम के पिघलने की दर), (३) मिट्टी अथवा शैल की जल को सोखने की शक्ति, (४) वर्षा पडने अथवा हिम के पिघलने के समय मिट्टी मे पूर्व उपस्थित जल की मात्रा, (५) तल पर वनस्पति की मात्रा, और (६) वायुमण्डल की शुष्कता।

इन बातो पर क्रम से विचार करने से हमे ज्ञात होता है कि·

(१) जिस ढाल पर वर्षा होती है अथवा हिम पिघलती है, वह जितना ही अधिक ढालू होता है, वहाँ उतनी ही अधिक शीघ्रता से जल बह जाता है और वर्षा अथवा हिम के जल का अधिकाश अनुपात इस मार्ग का अनुगमन करता है क्योकि जब जल शीघ्रता से बहता है तो उसे पृथ्वी के नीचे प्रवेश करने अथवा वाष्पीकरण का अवसर ही नही मिलता है।

(२) जल जितनी ही अधिक तीव्रता से बरसता है, उतने ही कम अनुपात मे वह पृथ्वी के भीतर प्रवेश कर पाता है। पृथ्वी के भीतर जल का प्रवेश एक मन्द गति से होता है। उस दशा मे जबकि भूमि गठी हुई होती है तो यह गति और भी अधिक मन्द होती है। भूमि जब जल को सोखती है तो जल पहले तल के रन्ध्रो (pores—छेदो) को भरता है और जब तक इन रन्ध्रो का जल और भी अधिक भीतर प्रवेश करने का समय पाकर इनको रिक्त न कर दे तब तक तल और अधिक जल को भीतर ग्रहण नही कर सकता है। अत तीव्र वर्षा मे मन्द वर्षा की अपेक्षा तल के भीतर कम पानी प्रवेश कर पाता है और अधिक पानी तल के ऊपर होकर बह जाता है।

(३) शिथिल अथवा खुली हुई मिट्टी (जैसे बालू और बजरी) चिकनी मिट्टी अथवा अन्य ठोस पदार्थों की अपेक्षा जल को अधिक शीघ्रता से ग्रहण करती है। अत: चिकनी मिट्टी वर्षा के अधिकाश जल को तल के ऊपर से बह जाने देती है क्योकि दी हुई अवधि मे वह कम पानी को भीतर प्रवेश करने देती है। यही नही, बल्कि एक सरन्ध्र (porous) मिट्टी अधिक जल ग्रहण कर सकती है क्योकि **रन्ध्र स्थान** अर्थात् इसके निर्माणक भागो के बीच का स्थान अधिक बडा होता है। तापमान के परिवर्तनो के सम्बन्ध मे ठोसपन (compactness) की एक विशेष स्थिति उत्पन्न हो जाती है। जब भूमि जम जाती है, अर्थात् जब भूमि मे का जल जम जाता है, तो मिट्टी ठोस हो जाती है और उसकी रन्ध्रता कम हो जाती है, और भूतल का जल बहुत कम मात्रा मे भीतर प्रवेश कर सकता है, चाहे तल का जल द्रव रूप मे ही क्यो न हो। यदि हिम के नीचे की मिट्टी जम गयी है तो हिम के पिघलने से उत्पन्न हुआ जल मिट्टी के भीतर सरलता से प्रवेश नही कर पाता है और उसका अधिकाश तल के ऊपर होकर बह जाता है।

(४) यदि मिट्टी के भीतर पहले से ही जल की मात्रा पर्याप्त है, तो कम पानी भीतर प्रवेश कर पाता है और अधिक भाग तल के ऊपर बह जाता है।

(५) वनस्पति तल पर के जल के प्रवाह मे बाधा उपस्थित करती है और अधिक समय तक जल को तल के ऊपर रोके रहती है। परिणामस्वरूप, जल को भीतर प्रवेश करने का पर्याप्त समय मिल जाता है, और कम पानी ऊपर ही ऊपर बह जाता है।

(६) यदि वायु बहुत शुष्क है तो वर्षा के जल की अधिक मात्रा प्रत्यक्ष रूप मे वाष्प बन जाएगी अत. बहने और सोखने के लिए कम जल बचेगा। वाष्पीकरण

पर शुष्कता का प्रभाव शुष्क (arid) प्रदेशो मे स्पष्ट रूप से होता है। वर्षा होने के बाद शीघ्र ही तल सूख जाता है और वहाँ मन्द हिम तनिक समय मे ही वाष्पीकरण द्वारा पूर्ण रूप से अदृश्य हो जाती है, चाहे वहाँ का तापमान जल के हिमाक से नीचे ही क्यो न हो।

जो जल भूमि के भीतर प्रवेश कर जाता है वह **भूमिगत-जल** है, और जो भीतर प्रवेश न करके तल के ऊपर ही वह निकलता है, वह **'तत्काल बह जाने वाला'** (immediate run off) जल कहलाता है। अधिकाश भूमिगत-जल अन्त मे पुन तल पर पहुँचता है और इसमे से कुछ तत्काल बहाव के साथ नदियो मे मिल जाता है। नदियो द्वारा प्रवाहित समस्त जल, चाहे वह तल के भीतर पहुँचा हो अथवा नही, **निःस्राव** (run off—बह जाने वाला) कहा जाएगा।

भूमिगत-जल का अस्तित्व (The existence of ground-water)—यद्यपि अधिकाश प्रदेशो की मिट्टी ऊपरी तल पर शुष्क दिखाई पडती है किन्तु वह कुछ सेण्टीमीटरो की गहराई पर कम शुष्क होती है। कुओ जैसे गहरे छिद्रो मे पार्श्वो से जल रिस-रिसकर पैंदे मे एकत्रित हो जाता है। घने बसे हुए कृपक समुदायो मे प्राय प्रत्येक फार्म पर कुएँ होते है और सभी कुओ मे जल मिलता है। इलीनोइस (Illinois) मे २,५०,००० से भी अधिक फार्म है और सम्भवत वहाँ कुओ की सख्या फार्मो से दुगुनी है। सयुक्त राज्य मे कुओ की सख्या कई करोड होगी और उनमे से नित्यप्रति निकाले जाने वाले जल की मात्रा भी पर्याप्त है, किन्तु फिर भी कुएँ सूखते नही है।[1] अधिकाश खानो मे भी कुछ गहराई पर जल मिलने लगता है।

भूमिगत-जल का स्रोत (Source of ground-water)—चूँकि वर्षा और पिघलती हुई हिम का जल तल के नीचे निरन्तर रूप से प्रवेश करता रहता है, वर्षा और हिम ही भूमिगत-जल की पूर्ति (supply) के पर्याप्त स्रोत-से ज्ञात होते हैं। इन स्रोतो के अतिरिक्त अन्य कोई स्रोत[2] ऐसा ज्ञात नही है जहाँ से यह जल आता हो। अत यह निष्कर्ष निकलता है कि तल के ऊपर का जल ही भूमिगत-जल का स्रोत होता है। अन्य प्राकृतिक घटनाएँ भी इन दोनो के घनिष्ठ सम्बन्ध की ओर सकेत करती है। जैसे—सूखा के दिनो मे अनेक उथले कुएँ और कुछ स्रोत सूख जाते हैं। जब नवीन वर्षा के कारण सूखा समाप्त हो जाती है, तो इन कुओ मे फिर जल भर आता है और वे स्रोत पुन प्रवाहित होने लगते है। इस घटना के द्वारा वायु-

---

[1] उत्तरी भारत के विशाल मैदान मे भी सिचाई तथा पीने के लिए जल उपलब्ध करने के लिए लाखो की सख्या मे कुएँ खोदे गये है। इन कुओ से प्रतिदिन बडी मात्रा मे जल निकाला जाता है तो भी वे सूखते नही है। —अनु०

[2] झीलो, नदियो आदि से जल भूमि के नीचे विरली स्थितियो मे ही प्रवेश करता है, बल्कि नदियाँ और झीले भी वर्षा जल से ही पूरित है, चाहे वह जल उनमे भूमिगत होने के बाद आये अथवा उससे पहले ही। इस प्रकार झीलो और नदियो द्वारा प्राप्त भूमिगत-जल भी वायुमण्डल के अवक्षेपण से ही प्राप्त होता है।

मण्डल के अवक्षेपण (precipitation) और तल के नीचे जल की पूर्ति (supply) के बीच एक प्रत्यक्ष सम्बन्ध स्थापित होता हुआ ज्ञात होता है।

जब तल के नीचे प्रवेश करने वाले वर्षा के जल का अनुपात उपर्युक्त वर्णित परिस्थितियों के अनुसार निश्चित होता है, तब ही यह कहा जा सकता है कि तल के नीचे जल की मात्रा, यदि अन्य बाते समान रहे, वही पर अधिक होगी जहाँ अधिक वर्षा होती है। किन्तु किसी प्रदेश मे भूमिगत-जल की मात्रा उस प्रदेश मे होने वाली वर्षा के ऊपर ही पूर्ण रूप से निर्भर नही है। एक स्थान पर बरसने वाला जल भूमिगत-जल के रूप मे प्रवाहित होकर अन्य स्थान को जा सकता है। जैसे, राकी पर्वतो मे

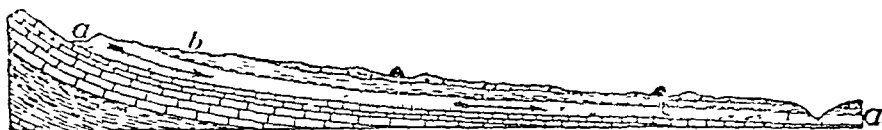



Fig. 67
Diagram showing how water falling in one place may flow underground to another and there be brought to the surface. The layer *a* is porous, and water entering it in the mountains follows it to the plains.

होने वाली वर्षा का जल भूमिगत-जल के रूप मे सरन्ध्र शैल-स्तरो (porous beds of rock) मे से प्रवाहित होकर अमरीका के मध्यवर्ती बडे मैदान मे पहुँच जाता है, जहाँ पर यह जल कुओ द्वारा पुन तल पर लाया जाता है (**चित्र ६७**)।

भूमिगत-जल का उतार (Descent of ground-water)—भूमि मे जल के प्रवेश करने की क्रिया को सरलता से देखा जा सकता है। यह समस्त रन्ध्रो और दरारो के भीतर होकर प्रवेश करता है। भूमि और अधोभूमि मे दरारो की अपेक्षा रन्ध्र अधिक होते है, किन्तु नीचे की ठोस चट्टानो मे दरारे अधिक मिलती है, यद्यपि वहाँ रन्ध्र भी है किन्तु अधिकाश रन्ध्र दरारो की अपेक्षा बहुत छोटे होते है। चूँकि चट्टान की दरारे विभिन्न दिशाओ को जाती है, अत जल का उतार केवल ऊर्ध्वाधर (vertical) ही नही अपितु तिरछी दिशाओ मे भी होता है। भूमि मे प्रवेश करने वाले जल को जहाँ तक ऐसी दरारे, रन्ध्र अथवा किसी प्रकार के छिद्र मिलते है जो पहले से ही जल से पूरित न हो, वहाँ तक तो जल नीचे प्रवेश करता जाता है किन्तु ये प्रवेश मार्ग जितने ही छोटे होते है उतनी ही जल को उनमे से होकर आगे बढ़ने मे कठिनाई होती है। उदाहरण के लिए, यदि ठोस मिट्टी अथवा चट्टान के छोटे रन्ध्रो को आकार मे आधा कर दिया जाए तो जल के उतार की कठिनाई दो गुनी से भी अधिक बढ़ जाएगी।

सामान्यत धरातल के निकट की चट्टानो मे अधिक गहराई की चट्टानो की अपेक्षा कुछ और अधिक बडे रन्ध्र होते है। परिणामस्वरूप, बढती हुई गहराई के कारण रन्ध्र जैसे-जैसे कम और छोटे होते जाते है उसी अनुपात मे जल के नीचे उतार की कठिनाई बढती जाती है।

यह निश्चित रूप से नही कहा जा सकता है कि दरारे और छिद्र नीचे कितनी गहराई तक मिलते है, किन्तु यह सम्भव दीखता है कि एक अथवा दो किलोमीटर तक की गहराई पर सभी छिद्र बहुत छोटे हो जाते है, और १६ या २० किलोमीटर (१० या १२ मील) की गहराई के नीचे कोई भी छिद्र नही होता है। इस गहराई पर चट्टान १६ या २० किलोमीटर ऊँचे शैल-स्तम्भ (column of rock) के दबाव के नीचे पडती है, और ऐसे स्तम्भ का भार इतना अधिक होता है कि किसी भी सामान्य प्रकार की चट्टान मे यदि दरार और रन्ध्र बने भी हो तो वे भार के कारण बन्द हो, जाएँगे। चूँकि विभिन्न प्रकार की चट्टानो मे असमान शक्ति होती है, अत सम्भवत विभिन्न प्रकार की चट्टानो मे कुछ विभिन्न गहराइयो मे रन्ध्र और दरारे पायी जाती है, किन्तु सम्भवत २० किलोमीटर (१२ मील) से अधिक की गहराई मे वे किसी भी चट्टान मे नही मिलती है।

इन कारणो से यह सम्भव नही है कि जल किसी भी हालत मे १६ या २० किलोमीटर की गहराई से नीचे उतरता है, और एक या दो किलोमीटर की गहराई के नीचे भी जल की मात्रा सम्भवत उस मात्रा से बहुत कम होती है जो उस स्तर के ऊपर मिलती है।

भूमिगत-जल का तल (Ground-water surface)—यद्यपि भूतल के नीचे जल की मात्रा बहुत अधिक है जैसा कि सामान्य प्राकृतिक घटनाओ से स्पष्ट है, फिर भी सरन्ध्र चट्टान और मिट्टी जल से पूर्णतया पूरित बहुत कम रहती है। यह तथ्य इस घटना से स्पष्ट हो जाता है कि अनेक प्रदेशो मे कुओ को बीसियो अथवा सैकडो मीटर से भी अधिक खोदना आवश्यक हो जाता है, तब जाकर कही उनमे जल की पर्याप्त पूर्ति (supply) प्राप्त होती है। तल की मिट्टी केवल भारी वर्षा के तुरन्त बाद के अथवा हिम के पिघलने के समय को छोड़कर, कुछ परिस्थितियो मे ही जल से पूरित रहती है।

यदि एक चौरस प्रदेश में, जहाँ मिट्टी और चट्टाने वस्तुत समान हो, एक कूप-माला (series of wells) खोदी जाए तो उन सबमे जल की निरन्तर पूर्ति प्राप्त करने के लिए उन सबको प्राय. एक ही गहराई तक खोदना पड़ेगा। इसको चित्र ६८ मे प्रदर्शित किया गया है। यदि a स्थान पर कुआँ एक दी हुई गहराई तक खोदा जाए, तो जल की समान पूर्ति के लिए b स्थान पर भी कुआँ लगभग उसी गहराई तक ही खोदना पडेगा, c और d स्थानो पर भी अन्य कुएँ लगभग उसी गहराई के होने चाहिए। ऐसी परिस्थिति मे विभिन्न कुओ मे जल का स्तर लगभग समान ही रहेगा। इसका अर्थ यह है कि उस प्रदेश की चट्टाने और अधोभूमि, विभिन्न कुओ मे प्राप्त जल-स्तर के नीचे, जल से पूरित है। किसी

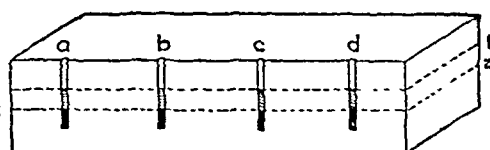



Fig. 68
Represents a series of wells sunk in a flat tract of land

प्रदेश की अधोभूमि का वह तल जिसके नीचे की चट्टाने आदि जल से पूरित है, उस प्रदेश का जल-स्तर अथवा अन्तर्भौम जल-स्तर (water table) कहलाता है। किसी प्रदेश मे यह जल-स्तर वास्तविक तल के नीचे ३ मीटर (१० फुट) की गहराई पर ही हो सकता है और किसी मे ३० मीटर (१०० फुट) तक की गहराई हो सकती है। शुष्क प्रदेशो मे यह स्तर इससे भी अधिक गहरा हो सकता है किन्तु जहाँ पर वर्षा कृषि कार्य के लिए पर्याप्त होती है, वहाँ पर जल-स्तर स्थल-तल मे लगभग ७ या ८ मीटर (२० या २५ फुट) से नीचे नही होता है।

जहाँ पर तल विषम होता है वहाँ पर अन्तर्भौम जल-स्तर प्रायः तल के साथ ही ऊँचा-नीचा होता है, किन्तु बहुत कम सीमा तक, जैसा कि चित्र ६९ मे दिखाया गया है।

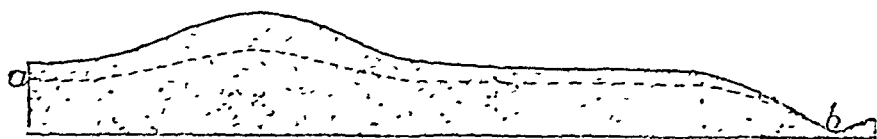



Fig. 69

Diagram illustrating the position of the ground-water surface (the dotted line) in a region of undulating topography.

भूमिगत-जल की मात्रा (Amount of ground-water)—भूमिगत-जल की मात्रा निश्चित रूप से ज्ञात नही है, किन्तु जो सर्वोत्तम अनुमान किये गये है उनके अनुसार स्थल की मिट्टी, चट्टानो आदि मे जो जल उपस्थित है, वह सम्भवत. एक ऐसी परत बना सकता है जो ३०० मीटर (१००० फुट) से अधिक गहरी न होगी[1] और यदि उस जल को स्थल तल पर फैला दिया जाए तो जल की परत शायद उसके आधे से अधिक गहरी न होगी। महासागरीय नितल के नीचे की चट्टानों मे जल की मात्रा स्थल-तल के नीचे की चट्टानो की अपेक्षा सम्भवत प्रति वर्ग किलोमीटर कम है, क्योंकि सम्भवत नितल के नीचे की चट्टाने कम छिद्रयुक्त होती है।

भूमिगत-जल की गतिविधि (Movement of ground-water)—भूमिगत-जल निरन्तर गतिमान रहता है। यह अनेक प्रकार से स्पष्ट है। यदि एक कुएँ का सम्पूर्ण जल निकालकर बाहर कर दिया जाए, तो शीघ्र ही वह अपने पूर्व स्तर तक पुनः भर जाता है, जिससे यह स्पष्ट होता है कि यह नवीन जल कही से प्रवाहित होकर आया है। सहस्रो झरनो का प्रवाह सिद्ध करता है कि भूमिगत-जल गतिमान है क्योकि केवल इसी विधि से झरने जल प्रदान कर सकते है। खानों (mines), खदानों (quarries) आदि मे जल के रिसने की क्रिया (seepage) से भी यही निष्कर्ष निकलता है।

---

[1] अनुमानो का विस्तार ६०० से ३० मीटर तक है।

भूमिगत-जल के सचलन के कारणो को सरलता से समझा जा सकता है। वर्षा समान रूप मे वितरित नही है। यदि एक चौरस प्रदेश मे जहाँ जल-स्तर समान अथवा लगभग समान है, स्थानीय रूप मे भारी वर्षा हो जाए तो उस वर्षा वाले क्षेत्र की मिट्टी और चट्टाने न्यूनाधिक पूर्ण रूप मे जल से पूरित हो जाती है। परिणाम यह होता है कि उस प्रदेश मे जल-स्तर अस्थायी रूप से ऊँचा उठ जाता है, जैसा कि **चित्र ७०** के 'c' स्थान पर दिखाया गया है। चूँकि जल चलता-फिरता है और यह

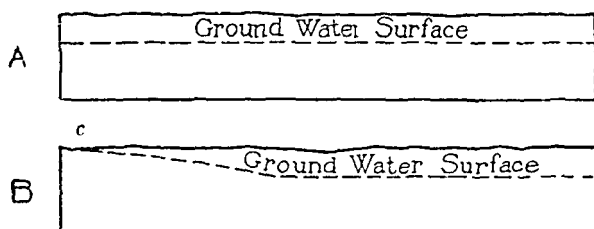



Fig. 70

In the upper part of the figure (A) the water surface is level If a heavy rain takes place in the area at the left of that represented by the figure, the water surface at the left will be raised as indicated in B Movement of the ground-water will follow

अस्थिरता की एक स्थिति है, अत 'c' स्थान का जल चारो दिशाओ मे उन स्थानो को वहने का प्रयत्न करेगा जहाँ जल-स्तर अपेक्षाकृत नीचा है। इसमे वही सिद्धान्त कार्यशील है जो उस समय कार्य करेगा जबकि एक चौरस तल पर एक पानी का भण्डार रख दिया जाए। भण्डार का जल शीघ्रता से फैल जाएगा। अधोभूमि अथवा नीचे की चट्टान मे जल उसी प्रकार से फैलने का प्रयत्न करता है जैसे कि वह तल पर करता है, किन्तु नीचे इसकी गति बहुत मन्द होती है क्योंकि जल जिन चट्टानो मे होकर गुजरता है उनके द्वारा उसका प्रतिरोध (friction) होता है।

किसी एक सम वर्षा किन्तु विषम तल वाले प्रदेश मे जल-स्तर समतल नही होता है। अन्य बाते समान होने पर, जल-स्तर उच्च भूमि के नीचे कुछ ऊँचा होता है, और निम्न भूमि के नीचे कुछ नीचा (**चित्र ६९**)। जहाँ ऐसी स्थिति होती है वहाँ यदि वर्षा न हो तो जल-स्तर अन्त मे समतल हो जाएगा, किन्तु आर्द्र प्रदेशो मे वर्षा बार-बार होती है, अत पहाडियो के नीचे का जल-स्तर समीपवर्ती निम्न स्थल के नीचे के जल-स्तर के तल पर कभी भी नही पहुँच पाता, क्योंकि ऐसा होने से पूर्व ही वह और अधिक वर्षा होने के कारण ऊपर उठ जाता है। वर्षा और स्थलाकृति की असमानताओ के कारण भूमिगत-जल उच्चतर अन्तर्भौम जल-स्तर क्षेत्रो से निम्नतर जल-स्तर क्षेत्रो की ओर निरन्तर गतिमान रहता है।

यद्यपि भूमिगत-जल के प्रवाह का निश्चय मुख्यत अन्तर्भौम जल-स्तर मे होता है, और यद्यपि वह सदैव उच्चतर स्तर से निम्नतर स्तर की ओर बहने की

प्रवृत्ति रखता है, तो भी कुछ परिस्थितियो मे वह ऊपर बहने को बाध्य होता है। जैसे, यदि चट्टान की एक सरन्ध्र परत के मध्य से बहता हुआ जल (a, चित्र ६७), दो ऐसे स्तरो (b और c) के बीच मे पड जाए, जिनमें वह प्रवेश नही कर सकता है, तो अपारगम्य (impervious) परत (b) के मध्य कोई मार्ग पाने पर जल ऊपर की ओर बह निकलेगा, और यदि प्राप्ति-स्रोत (source of supply) निर्गम विन्दु (point of issue) की अपेक्षा बहुत ऊँचा है, तो जल का निकास प्रबल वेग से होगा। जल केशिका-क्रिया (capillary action) द्वारा भी ऊपर उठता है, किन्तु इतनी मात्रा मे नही जिससे झरने अथवा दिखाई देने वाले सोते उत्पन्न हो सके।

कुओ और झरनो द्वारा तल के नीचे से स्थल पर आने वाले जल के अतिरिक्त कुछ जल भूमिगत-जल-प्रवाह के रूप मे समुद्रो अथवा झीलो तक पहुँच जाता है और उनके नीचे झरनो के रूप मे निर्गमन करता है। कुछ भूमिगत-जल इतनी कम मात्रा मे रिसता है कि वह प्रवाहित होता हुआ ही नही जान पडता है। इस स्थिति मे यह जल झरना नही बनाता है।

भूमिगत-जल गुरुत्व (gravity) के अतिरिक्त कुछ अन्य शक्तियो के प्रभाव मे आकर भी कुछ सीमा तक गति प्राप्त करता है। केशालता (capilarity) से उत्पन्न होने वाली गति के अतिरिक्त, जल का कुछ भाग पौधो की जडो द्वारा भी ग्रहण किया जाता है, और पौधो के तनो से गुजर कर उनकी पत्तियो द्वारा वायु मे निकल जाता है। कुछ भूमिगत-जल पौधो के माध्यम के बिना ही वाष्पीकरण का प्रत्यक्ष शिकार हो जाता है। उन प्रदेशो मे भी जहाँ मिट्टी अत्यन्त शुष्क ज्ञात होती है, वाष्पीकरण की क्रिया निरन्तर होती रहती है। उदाहरणार्थ, यदि जल-स्तर १५० मीटर (५०० फीट) है तो नीचे जल-स्तर तक मिलने वाली चट्टानो के रन्ध्र वायु से पूरित होते है। नीचे के जल-स्तर से जल वाष्प बनकर चट्टान और मिट्टी के भीतर की वायु मे मिल जाता है, और इस प्रकार नीचे की वायु ऊपर की वायु की अपेक्षा अधिक आर्द्र हो सकती है। तब आर्द्रता का ऊपर को **विसरण** (diffusion) होता है। कुछ परिस्थितियो मे भूमिगत-जल सवाहन क्रिया (convection) द्वारा भी ऊपर उठता है।

भूमि से अदृश्य आर्द्रता का उत्कर्ष (rise) एक अत्यन्त साधारण विधि द्वारा सरलता मे प्रदर्शित किया जा सकता है। यदि ग्रीष्म की रात्रि मे पृथ्वी पर रबर का एक कम्बल बिछा दिया जाए, अथवा एक कडाही भूमि पर उलटी करके रख दी जाए, तो प्रात काल सूर्य के ताप का प्रभाव पडने से पूर्व अनेक दशाओ मे कम्बल अथवा कडाही के नीचे का भाग जल की बूँदो से भीगा हुआ मिलेगा। यदि शीतल कम्बल अथवा शीतल धातु उस आर्द्रता को रोकने के लिए वहाँ न होते तो नीचे की वह आर्द्रता अदृश्य रूप मे ऊपर की वायु मे मिल गयी होती। जहाँ कही मिट्टी और उसके नीचे की वायु ऊपर की वायु की अपेक्षा अधिक आर्द्र है, उन सभी स्थल-तलो के ऊपर आर्द्रता इसी प्रकार दिन-रात और प्रत्येक दिन और प्रत्येक रात वायु मे मिलती रहती है। इस तथा अन्य विधियो द्वारा भूमिगत-जल की पूर्ति निरन्तर व्यय

होती रहती है। अत पूर्ति (supply) को स्थित रखने के लिए वर्षा के गिरने के द्वारा अन्य प्रदेश से भूमिगत-जल के प्रवाह द्वारा निरन्तर जल का नवीनीकरण (renewal) आवश्यक है।

ऐसी सम्भावना है कि तल के नीचे जो पानी जाता है वह सब जल प्राय कभी न कभी इन विधियो मे से किसी एक के द्वारा पुन ऊपर आता है, किन्तु उस जल की कुछ मात्रा ठोस खनिज पदार्थ से मिलकर सम्मिश्रण बना लेती है, जैसे लोहे के साथ मिलकर मोरचा बनाने के उदाहरण मे। जब तक वह जल ठोस सम्मिश्रण की स्थिति मे रहता है तब तक वह पुन तल पर नही पहुँचता है।

भूमिगत-जल के सचलन की गति मे बहुत अन्तर मिलता है और वह मुख्यतया (१) चट्टान अथवा मिट्टी की रन्ध्रता, और (२) जल के दबाव, पर निर्भर रहती है। पश्चिम मे विभिन्न स्थानो पर सिंचाई करने वाली खाइयो से मिट्टी मे होकर नीचे रिसने वाले जल की दर (rate) का पता लगाया गया है। अत्यन्त सरन्ध्र मिट्टी को छोडकर, यह दर प्रतिदिन एक से लेकर २५ मीटर के विस्तार (range) मे मिलती है। अत्यन्त सरन्ध्र मिट्टी मे कभी-कभी इसकी गति प्रतिदिन १५ मीटर (४५ फीट) तक की दर मे भी मिलती है। दक्षिणी विसकासिन (Wisconsin) और उसके समीपवर्ती दक्षिणी भागो के नीचे के विस्तृत शैल-समूह (formation) पोट्सडैम स्टैण्डस्टोन (Potsdam Standstone) मे, जो अनेक उत्स्रुत कूप (artesian wells) के उद्गम है, भूमिगत-जल के सचलन की दर का अनुमान प्रतिवर्ष ८ किलोमीटर (½ मील) किया गया है। यदि यह दर ठीक है तो शिकागो से लगभग ३१७ किलोमीटर (२०० मील) दूर जो वर्षा का जल इस शैल-समूह (formation) मे प्रवेश करता है, वह प्राय ४०० वर्षो मे शिकागो तक पहुँच सकेगा। जो जल बहुत गहराई तक और बहुत ही छोटे छिद्रो और सन्धियो मे प्रवेश कर जाता है, वह अत्यधिक मन्द गति से चलता है और उसका कुछ भाग चट्टान के भीतर बहुत लम्बी अवधि तक फँसा रहता है।

झरने (Springs)

तल के नीचे से निकलता हुआ समस्त जल **उत्स्यन्द जल** (seepage water—रिसता हुआ जल) कहलाता है। जो जल किसी प्राकृतिक दरार द्वारा इतनी मात्रा मे बाहर निकलता है कि उसकी एक स्पष्ट धारा बन जाए, वह झरना कहलाता है। झरने अनेक प्रकार की परिस्थितियो मे बन जाते है, किन्तु उनकी उपस्थिति आकस्मिक नही होती है। वे वही पर मिलते है जहाँ कि भूमिगत-जल को तल पर बाहर निकलने के लिए स्वाभाविक (प्राकृतिक) मार्ग मिलते है। **चित्र ७१** मे दो दशाएँ प्रदर्शित की गयी है। एक दशा मे जल छिद्रयुक्त तल से होकर d स्तर पर उतरता है। स्तर d अपेक्षाकृत ठोस है। जल इस स्तर के साथ-साथ तब तक बहता रहता है जब तक कि वह तल पर नही आ जाता, और वहाँ पर जल एक झरना S′ के रूप मे बह निकलता है। दूसरी दशा मे छिद्रयुक्त तल b से होकर जल भूमि के नीचे दबाव की स्थिति मे तब तक बहता है, जब तक कि वह एक दरार तक नही पहुँचता है

जो (दरार) जल को ऊपर तल तक आने का मार्ग प्रस्तुत करती है। यदि यह दरार इतनी चौड़ी होती है कि वह जल को मार्ग दे सके तो जल उसका अनुसरण तल तक कर सकता है, जैसा S स्थान पर दिखाया गया है। ऐसी स्थिति मे झरना वही पर

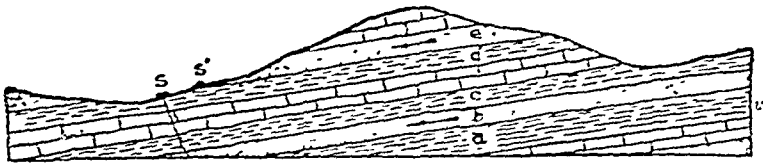



Fig. 71
Diagram to illustrate two types of springs as explained in text.

उत्पन्न होगा जहाँ कि दरार उस चट्टान के जल-स्तर मे, जो उसे जल प्रदान करती है, नीचे होगी। चित्र मे S स्थान का झरना W स्थान के जल-स्तर मे नीचा है। इस प्रकार का झरना सिद्धान्ततः एक प्रवाहित कुएँ के समान होता है, अन्तर केवल यह है कि कुएँ का विवर (छेद) मानव-निर्मित हुआ करता है।

तापमान (Temperature)—तल के नीचे से निकलते हुए जल का तापमान अति भिन्न-भिन्न होता है। अधिकांश झरने गरम मौसम मे ठण्डे ज्ञात होते है। एक लोक-प्रचलित विचार है कि झरने जाडे की अपेक्षा ग्रीष्म ऋतु मे अधिक ठण्डे रहते है, किन्तु यह सत्य नही है। यह मिथ्या बोध इस कारण उत्पन्न हुआ है कि ग्रीष्म ऋतु मे वायु की अपेक्षा जल अत्यधिक शीतल होता है, अत वह ठण्डा प्रतीत होता है, जबकि शीत ऋतु मे कभी-कभी जल वायु की अपेक्षा अधिक गरम होता है, अत. वह ग्रीष्म की अपेक्षा कम शीतल प्रतीत होता है।

जिन झरनो को जल गहरे स्रोतो मे प्राप्त होता है उनके तापमान मे वर्ष मे बहुत कम अन्तर पडता है किन्तु वे झरने जिनके स्रोत उथले होते है, ग्रीष्म की अपेक्षा जाडो मे अधिक शीतल हो जाते है। इसका कारण यह है कि ग्रीष्म की गर्मी और जाडो की ठण्डक तल पर अधिकतम विषम होती है और नीचे बढती गहराई के साथ-साथ कम होती जाती है। मध्य अक्षाशो मे १५ या २० मीटर (५० या ६० फुट) की गहराई के नीचे ऋतुओ के साथ तापमान का कोई विचारणीय परिवर्तन नही होता है। अत. जिन झरनो के जल की पूर्ति अधिक गहराइयो से होती है उनमे तापमान का अन्तर न के तुल्य होता है और जिन झरनो के जल की पूर्ति कम गहराइयो मे होती है उनमे तापान्तर अधिक होता है।

असामान्य झरने औष्ण (warm) और उनसे भी कुछ अधिक असामान्य झरने उष्ण (hot) होते है। उष्ण झरनों का जल उष्ण चट्टान के सम्पर्क से अपनी उष्णता प्राप्त करता है। साधारणतया औष्ण और उष्ण झरनों का जल सम्भवत. पर्याप्त गहराइयो से आता है। अनेक स्थितियो मे उष्णता का स्रोत सम्भवत: आग्नेय शैल (लावा) हुआ करती हैं जो अब तक ठण्डी नही हुई है। यह वह लावा हो सकता

है जो तल की ओर ऊपर को प्रेरित हुआ था किन्तु तल पर नही पहुँच सका अथवा ये उस लावा के अधिक गहरे भाग हो सकते है जो तल पर प्रवाहित हो चुके होते है।

खनिज और ओषधीय झरने (Mineral and medicinal springs)—सभी भूमिगत-जल न्यूनाधिक मात्रा मे खनिज पदार्थ चट्टानो से ग्रहण कर अपने मे घुला लेते है। अत समस्त झरनो मे न्यूनाधिक खनिज पदार्थ घोल के रूप मे विद्यमान होते है। किन्तु कोई झरना साधारणतया तव तक खनिज झरना नही कहलाता है जव तक कि उसमे निम्न वाते न हो

(१) अधिक मात्रा मे खनिज पदार्थ, अथवा (२) ऐसे खनिज पदार्थ जो अपने रग, स्वाद अथवा गध के कारण ध्यानाकर्षी हो, अथवा (३) खनिज पदार्थ जो झरने के जल मे असामान्य हो।

अनेक खनिज झरनो के विषय मे यह धारणा उचित ही है कि उनमे बीमारियो को दूर कर सकने वाले गुण होते है, अत उन्हे औषधीय झरना (medicinal spring) कहते है। अनेक प्रसिद्ध जल-सेवन तथा आश्रय-स्थान जो असमर्थ रोगियो के निमित्त वने है, उष्ण खनिज झरनो पर ही स्थित है। दक्षिणी डाकोटा, ऑरकसास और कार्ल्सवाद (वोहेमिया) के उष्ण जल के झरने इसके उदाहरण है। अनेक झरने जिनमे गैसे मिली होती है उनको खनिज और औषधीय झरने कहते है, विशेषत यदि उनमे कोई दुर्गन्ध पायी जाए। लोक-प्रचलित धारणा के अनुसार झरने मे जितनी ही बुरी गन्ध और वुरा स्वाद होगा, उतनी ही औषधीय शक्ति उसमे अधिक होगी। शीतल जल की अपेक्षा उष्ण जल अधिक उत्तम विलायक (solvent) होता है। अत अधिकाश उष्ण झरनो मे खनिज पदार्थ की मात्रा पर्याप्त रहती है।

गरम पानी के झरने या उष्णोत्स (Geysers)—उष्णोत्स सविराम उद्भेदी (intermittently eruptive) उष्ण झरने होते है (ऐसे गरम झरने जो रुक-रुक कर चलते है)। यलोस्टोन नेशनल पार्क (Yellowstone National Park, U S.A.) के ऐसे झरने सर्वाधिक रूप मे प्रसिद्ध है, किन्तु आइसलैण्ड (Iceland) और न्यूजीलैण्ड मे भी वे पूर्णतया विकसित है। यलोस्टोन पार्क मे प्राय १०० उष्णोत्स है और ३००० से ऊपर ऐसे झरने है जो उद्भेदी (eruptive) नही है। कुछ उष्णोत्स ६० मीटर (२०० फीट) अथवा इसमे भी अधिक ऊँचाई तक खौलता हुआ जल और वाष्प उछालते है (**चित्र ७२**), किन्तु यह औसत ऊँचाई से अधिक है।

कुछ उष्णोत्सो से उद्भेदन वारम्वार होता है और कुछ से कभी-कभी। कुछ से उद्भेदन नियमित अन्तर से होता है, और कुछ से अनियमित रूप मे। यलोस्टोन पार्क मे एक उष्णोत्स का नाम 'प्राचीन विश्वासपात्र' (Old Faithful) है क्योकि लगभग एक घण्टे के प्राय निश्चित अन्तर पर उसका जल उछला करता है। किन्तु पहले की अपेक्षा अव उसके उद्भेदन कुछ कम वार और कुछ कम नियमित होते जा रहे है। अधिकाश उष्णोत्स जो वहुत समय तक प्रसिद्ध रहे है, समय अधिक व्यतीत हो जाने के कारण जल फेंकने की क्रिया मे निर्वल होते जा रहे है।

जो विशेषताएँ अधिकांश उष्णोत्सो मे पायी जाती है वे निम्नलिखित है

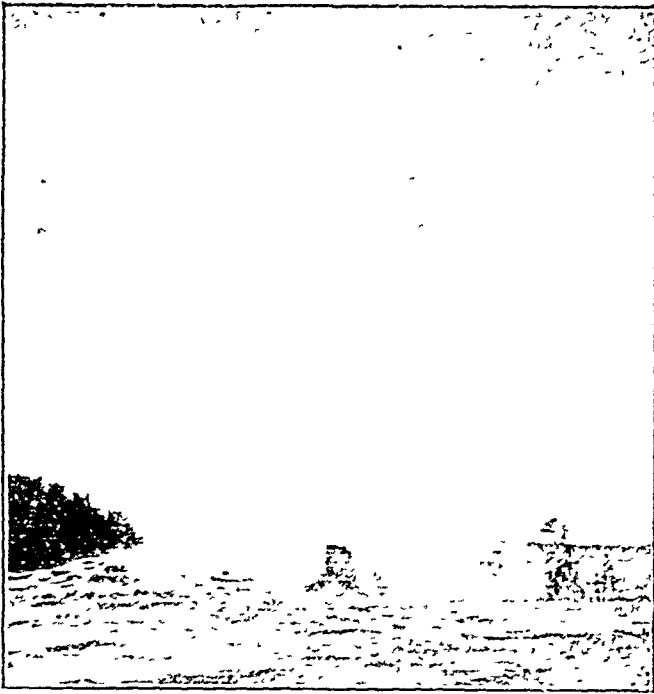



Fig. 72
Giant Geyser, Yellowstone National Park. (*Wineman*)

Fig. 73
Cone (crater) of Castle Geyser, Yellowstone National Park
(*Detroit Photo Co.*)

(१) तल मे एक विवर (opening) होती है जो अज्ञात गहराइयो तक नीचे चली जाती है। यद्यपि कभी-कभी इसको उष्णोत्स नाल (geyser tube) कहते है, परन्तु सम्भवत यह हमेशा नली के आकार मे नही होती है।

(२) विवर के आसपास एक उथला पात्र (basin) होता है। अनेक दशाओ मे यह किसी टीले के ऊपर होता है। कुछ दशाओ में पात्र के स्थान पर एक असमान निच्छिद्रित (perforated) टीला होता है (चित्र ७३ और ७४)। पात्र और टीले दोनो ही खनिज पदार्थ से मिलकर वने होते है (साधारणत सिलिका या सैकजा—Silika)। यह खनिज पदार्थ उष्णोत्स जल के द्वारा निक्षिप्त होता है।

(३) उन्मोचन (फूटने) के समय वहुत-सी भाप और जल साथ-साथ निकलते है। वाष्प की शक्ति ही जल को ऊपर की ओर फेकती है। ऐसा विश्वास किया जाता है कि (१) भूमिगत-जल किसी उष्णोत्स नाल मे उसी प्रकार प्रवेश करता है जैसे किसी कुएँ मे, (२) उस नाल के किसी भाग की दीवारे उष्ण होती है, (३) जल के ऊपरी सिरे के नीचे नाल का जल नाल के किसी भाग मे क्वथनाक (boiling point) तक गरम होता है; और (४) जव ऐसा होता है तो जो वाष्प वनती है वह समस्त जल को ऊपर फेकती है।

इस सिद्धान्त का प्रदर्शन प्रयोग द्वारा हो सकता है। यदि जल की एक छोटी नली गरम की जाए, तो जल विना किसी प्रवल उन्मोचन के खौलता रहता है, विशेषकर यदि नाल का व्यास वडा हो। किन्तु यदि नाल को वालू से भर दिया जाए और फिर वालू मे पानी भर दिया जाए और नाल को नीचे मे गरम किया जाए तो नाल के भीतर गरम जल का सचलन (सवहन, convection) वालू के कारण अत्यन्त सीमित हो जाता है। परिणामस्वरूप, तल के नीचे पर्याप्त वाष्प वन जाती है और एक लघु उद्गार हो जाता है।

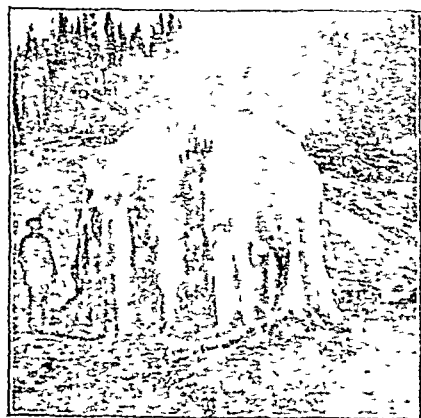



Fig. 74
The cone of Lone Star Geyser, Yellowstone National Park.
(*U. S. Geological Survey*)

उष्णोत्स उन्ही प्रदेशो मे उत्पन्न होते है जो अपेक्षतया नवीन (recent) ज्वालामुखीय क्रिया के क्षेत्र है। उष्णोत्स के लिए जिस ऊष्मा की आवश्यकता होती है वह सम्भवत उस लावा द्वारा मिलती है जो अभी तक ठण्डा नही हुआ है। उष्णोत्स का जल गरम होने की क्रिया मे उष्ण चट्टान को निरन्तर शीतल वनाता रहता है। कुछ दिनो के वाद वह चट्टान जल को खौला सकने के योग्य उष्ण नही रह जाती है। उस दशा मे, जव तक कि उष्ण लावा की नवीन पूर्ति (new supply) नीचे से ऊपर को वलात् न आये तव तक उष्णोत्स की क्रिया प्राय समाप्त

ही हो जाएगी। यलोस्टोन पार्क में कुछ उष्णोत्स समाप्त भी हो चुके है और कुछ अन्य उसी प्रदेश मे नये भी उत्पन्न हो चुके है।

यदि एक पत्थर अथवा मिट्टी का एक टुकड़ा अथवा कोई एक ठोस पदार्थ एक उष्णोत्स में डाल दिया जाए तो प्राय. उसकी गति मे कुछ शीघ्रता आने लगती है क्योकि ऐसी वस्तुएँ नाल के जल के ऊपर की ओर चलने वाले मार्ग मे रुकावट डालती है। ये वस्तुएँ उष्ण जल को वही रोकने मे सहायक होती है जहाँ पर वह गरम हो रहा होता है। इस प्रकार तल के नीचे किसी स्थान पर वे जल को अपेक्षाकृत कुछ अधिक शीघ्रता से हिमांक (freezing point) पर पहुँचाने मे सहायक होती है। विशेषत. साबुन के लिए अनुमान है कि वह उष्णोत्स की उद्भेदन क्रिया को अधिक शीघ्रगामी बनाता है। कोई भी वस्तु जो जल को अधिक चिपचिपा बनाती है, वह उद्भेदन की गति को तीव्र कर देती है, क्योकि एक पतले तरल पदार्थ की अपेक्षा एक घने तरल पदार्थ मे संवाहन कम स्वतन्त्रता से होता है।

उत्स्रुत तथा बहते हुए कूप (Artesian and flowing wells)—जब किसी कुएँ का पानी इतना ऊपर उठ जाए कि जल कुएँ के बाहर निकलने लगे तो कुआँ **बहता हुआ** कहा जाता है। बहते हुए कूप उन झरनो से भिन्न नही होते, जिनका जल निकलते समय टोंटी के समान ऊपर उठता है। इन दोनो में प्रमुख अन्तर यही होता है कि झरने का विवर प्राकृतिक होता है, किन्तु कूप का मानव-निर्मित। पहले **उत्स्रुत कूपों** को बहते हुए कूपो से भिन्न नही माना जाता था। उत्स्रुत कूप का नाम फ्रास के आर्टाइस (Artois) स्थान से लिया गया था, जहाँ इस प्रकार का एक प्रसिद्ध कुआँ था। अब उत्स्रुत (artesian) कूप का नाम साधारण तथा गहरे कुओ के लिए प्रयुक्त होता है चाहे वे बहते हों अथवा बहते न हो।

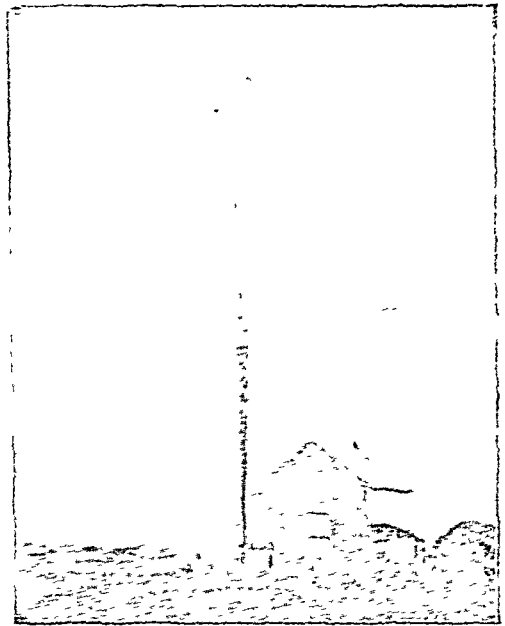



Fig. 75
Artesian well at Woonsocket. S. D.
(U. S. Geological Survey)

बहते हुए कुओं के लिए सामान्य आवश्यक परिस्थितियो का निदर्शन **चित्र ७६** में किया गया है। वे निम्न है :

(१) शैल का एक सरन्ध्र स्तर अथवा परत—(a) जो एक अपारगम्य परत (impervious layer) के नीचे हो, (b) जो जल को ऊपर निकलने से तब तक रोके रहे जब तक कि कूप-छिद्र (well-hole) के लिए उसे छेदा न जाए।

(२) सरन्ध्र स्तर-तल पर किसी ऐसे प्रदेश मे अवश्य आ जाए जो कूप की स्थिति से कुछ ऊँचा हो।

(३) जहाँ सरन्ध्र स्तर-तल पर आता हो वहाँ पर्याप्त वर्षा होती हो जो उसे भलीभाँति जल से पूरित रखे।

इन परिस्थितियो मे a स्तर मे w के नीचे का जल उसी स्तर के उच्चतर स्तरो के जल के दवाव मे है और यदि नीचे इस स्थान तक एक छिद्र बना दिया जाए तो जल ऊपर को दौड़ पड़ेगा (चित्र ७५)। सामान्यत. यह आवश्यक नही है कि जल-पूर्ण a स्तर के नीचे की परत का अधिक विचार किया जाए। यदि यह सरन्ध्र शैल की परत है तो साधारणत यह जल से पूरित रहती है अत· a स्तर के जल के नीचे के वहाव को रोकती है।

कूप का जल इतना ऊँचा नही उठेगा जितना ऊँचा a का जल-स्तर है, क्योकि जब जल शैल के लघु विवरो (रन्ध्रो और लघु दरारो) में से होकर वहता है तो

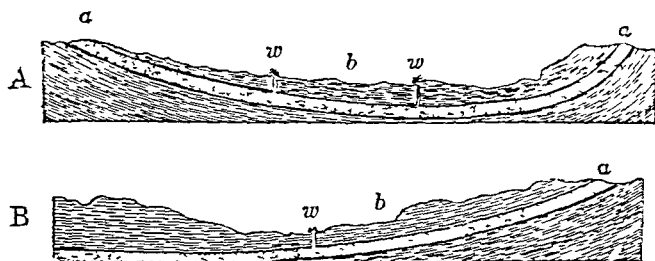



Fig 76

Diagrams illustrating the conditions favourable for artesian wells In A, the porous bed *a* is in the form of a basin; in B, it merely dips.

प्रतिरोध के कारण उसकी शक्ति कम हो जाती है। सामान्यतः प्रति १$\frac{३}{५}$ किलोमीटर मे लगभग ३० सेण्टीमीटर की छूट की जानी चाहिए, अर्थात् यदि पूर्ति का उद्गम स्रोत १६० किलोमीटर (१०० मील) दूर है तो उस स्थान पर जल-स्तर कुएँ के शीर्ष (top) की अपेक्षा प्राय. ३० मीटर (१०० फुट) अधिक ऊँचा होने पर ही जल प्रवाहित हो सकेगा। यदि जल से पूर्ण स्तर a अत्यन्त सरन्ध्र (छिद्रयुक्त) है तो प्रतिरोध के कारण की जाने वाली छूट कम होती है, और यदि वह घने कणो वाला (close-grained) है तो प्रतिरोध से शक्ति-क्षीणता अधिक होती है।

उत्स्रुत कूपो की गहराइयो मे पर्याप्त अन्तर मिलता है। वे केवल कुछ ही मीटर या सहस्रों मीटर गहरे हो सकते है। बर्लिन मे एक उत्स्रुत कूप की गहराई १,३०० मीटर (४००० फुट) से अधिक है। सैण्टलुईस में एक कूप प्रायः १,२०० मीटर और सिनसिनाटी मे प्रायः ७५० मीटर (२५०० फुट) गहरा है। शिकागो

मे अधिकतम गहरा कूप प्राय. ८०० मीटर (२७०० फुट) गहरा है। न्यू जरसी (New Jersey) मे अनेक वहते हुए कुएँ है, जो ३० मीटर (१०० फुट) से भी कम गहरे हैं।

अनेक गाँव और छोटे नगर उत्स्रुत कूपो मे अपना जल प्राप्त करते हैं। चार्ल्सटन (Charleston), एस० सी० (S. C), गेल्वेस्टन (Galveston) और फोर्ट वर्थ (Fort Worth), टैक्सास (Texas), केमडिन (Camden), एन० जे० (N. J.), रौकफोर्ड (Rockford), और इल (Ill) उन नगरो मे से है जिन्हे पूर्ण या आंशिक रूप मे इस प्रकार से जल उपलब्ध होता है। लेकिन न्यूयार्क (New York), शिकागो (Chicago), फिलाडेलफिया (Philadelphia) आदि जैसे विशाल नगरो को इस प्रकार के कूपो से जल नही मिलता और न ऐसा होना सम्भव ही है।

कैलीफोर्निया के कुछ भागो की ही भाँति वड़े मैदान (great plains) के अर्द्ध-मरुस्थली प्रदेश मे तथा पश्चिम के विभिन्न अन्य राज्यो मे उत्स्रुत कूपो के जल से विस्तृत भू-भागों की सिचाई की जाती है।

भूमिगत-जल की क्रिया
(The Work of Ground-Water)

रासायनिक क्रिया (Chemical Work)

विलयन (Solution)—यद्यपि शैल स्थिरता की प्रतीक ज्ञात होती है, फिर भी कुछ न्यून मात्रा मे उस भूमिगत-जल मे प्रविलीन (dissolved) हो जाती हैं जो इसमे होकर वहता है, जैसा कि झरनो के विपय मे वर्णन करते हुए कहा गया है। खनिज पदार्थ का प्रविलयन शुद्ध जल से सरलता से नही होता किन्तु अधोभौमिक जल शुद्ध नहीं होता है। वायुमण्डल के मध्य से गिरते हुए जल मे कार्वन-डाई-आक्साइड, आक्सीजन तथा अन्य गैसे प्रविलीन हो गयी, और मिट्टी मे से गुजरते हुए इसमे पौधो के सड़े भाग मिल गये। इस प्रकार जव वह अधोभौमिक जल वना तव उसमे अनेक अशुद्धियाँ आ गयी। इन अशुद्धियो के विलयन के कारण, शुद्ध जल की अपेक्षा भूमिगत-जल अधिकांश प्रकार की शैल को अधिक सरलता से प्रविलीन (disolve) कर लेता है। उदाहरण के लिए, शुद्ध जल सामान्य चूने के पत्थर पर कुछ ही प्रभाव डाल पाता है, किन्तु यदि जल मे कार्वन-डाई-आक्साइड का विलयन हो तो जल कुछ सीमा तक इस शैल को भी प्रविलीन कर लेता है। उतरता हुआ जल जिन चट्टानो मे से होकर गुजरता है, उन चट्टानो को, तथा कुछ चट्टानो के खनिजो को अधिक विलयन के पूर्व ही रासायनिक रूप से परिवर्तित कर देता है, किन्तु सदैव ही ऐसा नही होता है।

भूमि से निकले हुए जल के रूप से भी यह सिद्ध होता है कि जल शैल के कुछ पदार्थो को प्रविलीन करता है। जव कुओ अथवा झरनो के जल का वाष्पीकरण किया जाता है तो उसमे प्राय. कुछ अवशिष्ट शेप रह जाता है। वाष्पित्र (boiler) और

उरवा (kettle), जिनमे जल गर्म किया जाता है, के भीतरी भाग के आवरण पर, कुछ काल के उपरान्त, यह क्रिया स्पष्ट दिखाई पड़ती है। यह आवरण उस खनिज पदार्थ से बन जाता है जो जल मे विलयन के रूप मे था और जब जल गर्म किया गया और उसका वाष्पीकरण हो गया तो वह पदार्थ अवशिष्ट रह गया। वास्तव मे सभी झरने खनिज झरने है, और सभी कुएँ खनिज कूप है, क्योकि भूमि से निकाले गये सभी जल मे खनिज पदार्थ मिला रहता है।

विलयन के प्रभाव से शैल सरन्ध्र बन जाती है। इस प्रकार से विकसित सरन्ध्रता के चरम उदाहरण तल के नीचे पायी जाने वाली कन्दराओ और नालियो मे मिलते है। दक्षिणी इण्डियाना, (Wyandotte और अन्य गुफाएँ) और केण्टुकी (मैमथ तथा अन्य गुफाएँ) की बडी गुफाएँ (चित्र ७७) भूमिगत-जल की क्रिया के ही उदाहरण है। इस प्रकार की गुफाऐं चूने के पत्थर वाले प्रदेशो मे ही

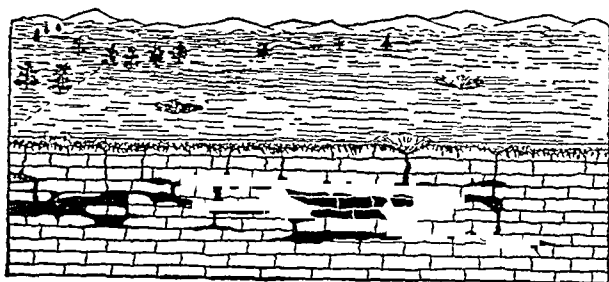



Fig 77

Diagram to illustrate the form and relations of caverns developed by solution The black spaces represent caverns Some limestone sinks are represented at the surface where the roofs of caves have fallen in.

विशेषकर पायी जाती है क्योकि सामान्य शैलो मे चूने का पत्थर ही सर्वाधिक प्रविलीन (soluble—घुलनशील) होने वाली शैल होती है। जहॉ गुफाऐं और कन्दराएँ नही भी बनी है, वहॉ छोटे रन्ध्र और गड्ढे असख्य हो सकते है। अत. विलयन का प्रभाव शैल को निर्बल बना देता है, और अन्त मे उसे विघटित (crumble) कर देता है।

किन्ही-किन्ही अधोभौमिक गुफाओ की छते गिर पडती है, और तल मे एक विशेष अवतरण-रन्ध्र (sink—गड्ढा) बन जाता है। इनको 'चूनापत्थर के घोल-रन्ध्र' (limestone sink) (चित्र ७८) कहते है। इस प्रकार के अवतरण-रन्ध्र उन प्रदेशो की विशेषता है जहॉ गुफाऐं मिलती है। किन्ही-किन्ही स्थानो पर वे इतने अनगिनत है कि तल की भूमि कृषि के लिए अत्यधिक गड्ढेदार बन जाती है। उदाहरण के लिए, इस प्रकार की स्थिति केण्टुकी और टेनेसी के कुछ भागो मे मिलती है (पट्ट ६)। चूनापत्थर के प्रदेशो मे अनेक अवतरण-रन्ध्र उस विलयन के परिणाम

है जो चट्टान की दरारो मे होकर भीतर जाने वाले जल के द्वारा होता है, और गुफाओ से उसका कोई सम्बन्ध नही होता है ।

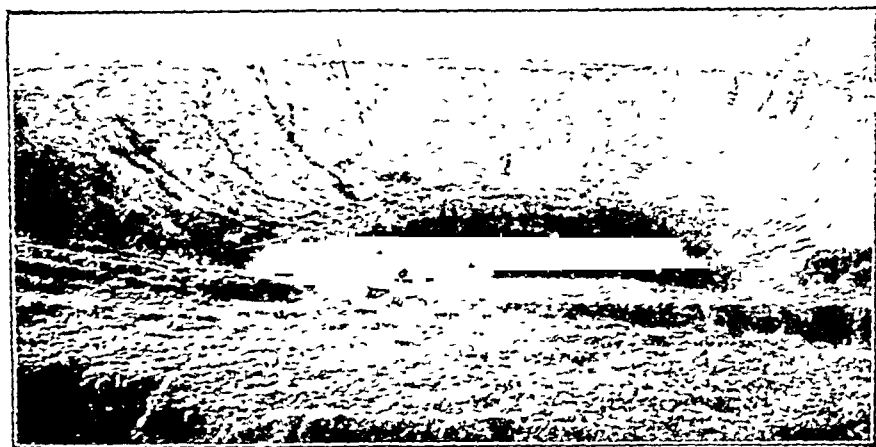



Fig. 78
A sink-hole of recent development near Meade, Kan.
(*Johnson, U. S. Geological Survey*)

एड्रियाटिक समुद्र (Adriatic Sea) के सिरे के उत्तरी-पूर्वी भाग मे स्थित कार्स्ट (Karst) नाम के क्षेत्र मे एक ऐसा स्थल-खण्ड है जिसके नीचे सफेद चूना-पत्थर की तह है जो मिट्टी से प्राय मुक्त है। प्रदेश की वर्षा का अधिकाश जल तल के नीचे चला जाता है, और जल के नीचे जाने से पहले और वाद की विलायक (solvent) क्रिया के कारण ही इस प्रदेश की विशिष्ट ऊवड-खावड़ स्थलाकृति विकसित हुई है। अनेक छोटी-छोटी नालियाँ, उपघाटियाँ (ravines) और घाटियाँ चूने के पत्थर मे अचानक समाप्त हो जाती है और उनका जल गुफाओ अथवा अधोभौमिक सुरगो मे चला जाता है। गड्ढो की भरमार है और उनमे से कुछ तो सैकडो मीटर गहरे है। गर्तो के ढाल और तदनुसार उनके वीच की ऊँचाइयो के ढाल वहुत सीधे है, अत. तल अत्यन्त विषम हो गया है। इस प्रदेश के समान और उसी प्रकार से विकसित स्थलाकृति को कभी-कभी **कार्स्ट स्थलाकृति** (Karst topography) कहते है।

कुओ, झरनो आदि द्वारा तल पर लाये गये खनिज पदार्थ की मात्रा वहुत विशाल है। स्विटजरलैण्ड मे ल्यूक (Leuk) के झरनो द्वारा प्रतिवर्ष घोल के रूप मे तल के ऊपर २,००० टन से अधिक जिप्सम (gypsum) [एक जलीयित चूर्णातु शुल्वीय (a hydrated sulphate of calcium)] वाहर आता है। उसी प्रकार से ही वाथ (इगलैण्ड) के झरने घोल के रूप मे इतना पर्याप्त खनिज पदार्थ ऊपर लाते है कि यदि उसको जल से अलग कर लिया जाए और उसका एक स्मारक वना दिया जाए तो वह ३ मीटर (१० फुट) व्यास और लगभग ४५ मीटर (१४० फुट) ऊँचाई का एक स्तम्भ वनायेगा।

तल के नीचे से ऊपर आने वाले जल का अधिक भाग नदियो मे पहुँचता है और नदियो के जल मे घोल के रूप मे मिले हुए खनिज पदार्थ का अधिकतर भाग उस भूमिगत-जल से आता है जो नदियो मे पहुँचा है। अनुमान है कि नदियाँ प्रति वर्ष समुद्र मे घोल के रूप मे प्राय पाँच अर्बुद (billion—अरब) टन खनिज पदार्थ ले आती है। किन्तु यह विशाल मात्रा भी भूमिगत-जल की समस्त विलायक क्रिया का प्रतिनिधित्व नही करती है, क्योकि जल को जो खनिज पदार्थ का प्रविलयन करता है, उसका अधिक भाग भूमि के नीचे ही निक्षिप्त हो जाता है। इसके कारणों का वर्णन शीघ्र ही आयेगा।

प्रतिवर्ष स्थल से समुद्र को घोल के रूप मे खनिज पदार्थो की इस मात्रा का स्थानान्तरण (transfer) स्थल को अवश्य ही नीचा करता रहता है। स्थल से समुद्र को इस मात्रा का स्थानान्तरण यह प्रकट नही करता है कि समुद्र का नितल उसी मात्रा मे ऊँचा उठता होगा क्योकि कुछ खनिज पदार्थ समुद्र के जल मे घोल के रूप मे वर्तमान रहता है। उदाहरण के लिए, लवण खनिज पदार्थो मे से एक है, जिसे नदियाँ समुद्र मे लाती है, किन्तु उस लवण का जिसे नदियो द्वारा युगो से समुद्र मे लाया गया है, अधिकतर भाग सम्भवत आज भी घोल के रूप मे विद्यमान है।

इसके विपरीत समुद्र मे लाये गये खनिज पदार्थ का बडा भाग, विशेषतया चूर्णातु प्रांगारीय (calcium carbonate—खडिया), समुद्री जानवरो और पौधो द्वारा शुक्ति (shells), चोल (tests), हड्डियाँ आदि बनाने मे प्रयुक्त होता है और अन्त मे ये वस्तुएँ समुद्र-नितल पर जा पडती है।

निक्षेपण (Deposition)—खनिज पदार्थो के प्रविलयन और उसके अधिकाश भाग को दूर ले जाने के अतिरिक्त, भूमिगत-जल पृथ्वी की चट्टानो मे अन्य परिवर्तन भी करता है। यदि किसी रसायन-प्रयोगशाला मे विभिन्न प्रकार के घोल एक परीक्षण-नाल (test tube) मे मिला दिये जाएँ तो घोल के कुछ पदार्थो के अवक्षेपित (precipitated—ठोस) होने की सम्भावना है। तल के नीचे की चट्टानो मे भी यही बात घटित होती है। उदाहरण के लिए, यदि विभिन्न दिशाओ से जल शैल की किसी दरार के भीतर प्रवेश करता है, और यदि ये विभिन्न जल घोल के रूप मे विभिन्न खनिज पदार्थ ले आये तो जल के मिश्रण द्वारा रासायनिक परिवर्तन हो सकते है, जिसके कारण कुछ पदार्थ घोल से बाहर निकल आता है और दरार मे निक्षिप्त हो जाता है।

निष्कर्ष यह निकलता है कि जहाँ एक ओर भूमिगत-जल खनिज पदार्थ के प्रविलयन द्वारा चट्टानो को सरन्ध्र बनाता है, वहाँ दूसरी ओर जल अपने मे सन्निहित खनिज पदार्थो को घोल से निक्षेप कर, जैसे रन्ध्रो और दरारो मे, चट्टानो को सुसहत (compact—गठीला) भी बनाता है। कुछ स्थानो मे इनमे से प्रथम क्रिया अधिक प्रभावोत्पादक है और अन्य मे दूसरी क्रिया। सामान्यतया भूमिगत-जल सम्भवत तल के समीप की शैल की रन्ध्रता बढाता है (प्रमुखत. भूमिगत-जल तल के ऊपर),

और अधिक गहराइयो पर शैल की महति (compactness—सघनता) को बढाता है। कुछ स्थितियो मे निक्षेपण का प्रभाव चट्टानो के शिथिल भागो को एक साथ जोड़ता है (cements together), और सम्पूर्ण शैल को अधिक दृढ बना देता है। जैसे, बालू बलुआ पत्थर के रूप मे और बजरी (gravel) सम्पीडिताश्म (conglomerate) के रूप मे सश्लिष्ट हो सकते है।

घोल से निक्षिप्त खनिज पदार्थ शैल की जिन दरारो को पूरित करता है, वे खनिज 'शिराएँ' (veins) बन जाती है और अनेक चट्टाने इन शिराओ से पूर्ण होती हैं (चित्र ७९)। कुछ शिराओ मे धातुक (ores—कच्ची धातुएँ) मिलते है, और अनेक खाने उनमे स्थित है। अधिकाश सोना, चाँदी, सीसा, जस्ता आदि धातुएँ ऐसी

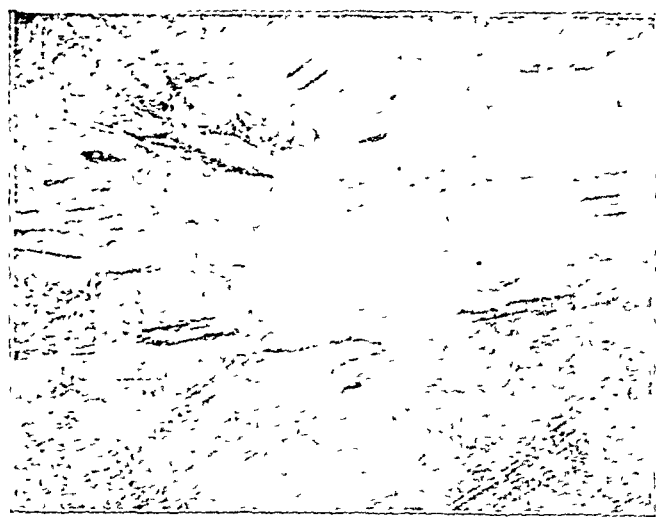



Fig. 79

A piece of rock showing many veins—the white streaks. The vein filling is calcite. Near Highgate Springs, Vt. (*Walcott, U. S. Geological Survey*)

ही स्थितियो मे मिलती है। ये धातुएँ अथवा जो यौगिक (compounds) इनको धारण करते है, वे खनिज पदार्थ की बहुत बडी मात्रा से सम्बन्धित रहते है, जो कि मूल्यवान नही होती है। किन्तु मूल्यवान धातुओ को प्राप्त करने के लिए खनिज पदार्थ की उस विशाल मात्रा को अलग करना आवश्यक है। घोल का खनिज पदार्थ गुफाओ मे निक्षिप्त हो सकता है (चित्र ८०)। गुफाओ की अनेक अति आकर्षक विशेषताएँ, जैसे अवशैल (stalactites), उच्छैल (stalagmites), दीवारो पर स्फाट (crystals) आदि, घोल के निक्षेपण द्वारा ही बनी है।

घोल के खनिज पदार्थो का निक्षेपण विभिन्न परिस्थितियो द्वारा निश्चित होता है, जिनमे से अधिक महत्त्वपूर्ण निम्नांकित है :

(१) यदि जल का वाष्पीकरण हो जाता है तो उसमें घुला हुआ खनिज

ये छोटे-छोटे पौधे किसी विधि द्वारा जो स्पष्ट नही है, जल से खनिज पदार्थ को निकाल लेते है और उसे निक्षिप्त होने को वाध्य करते है (**चित्र ७३, ७४, ८१ और ८२**)। ये कुछ सरलतर और अधिक प्रसिद्ध परिस्थितियाँ है जिनमे भूमिगत जल द्वारा चाहे वह तल के नीचे हो अथवा वाहर निकल आया हो, घोल का खनिज पदार्थ निक्षिप्त होता रहता है।

विलयन और निक्षेपण एक ही समय और एक ही स्थान पर भी साथ-साथ होते रह सकते है, अर्थात् जल उसी समय कुछ पदार्थो का प्रविलयन करता रह सकता है जबकि वह अन्य पदार्थों का निक्षेपण भी कर रहा होता है। इस भाँति एक प्रकार की शैल अन्य प्रकार की शैल मे परिर्वातत हो सकती है। इस क्रिया की

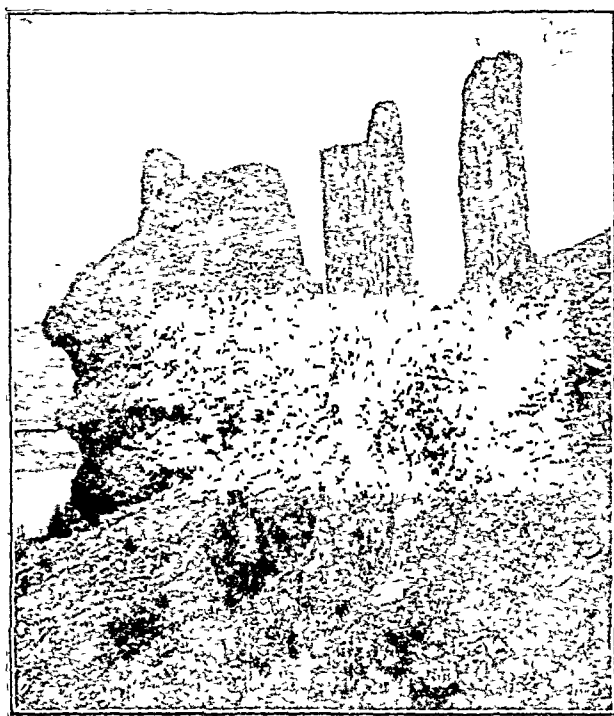



Fig. 83
Petrified tree-trunks, Yellowstone National Park.
(*U S Geological Survey*)

एक विशेप अवस्था का परिणाम अश्मीभवन (petrifaction—पत्थर के रूप मे परिर्वातत होने की क्रिया) होती है। इस प्रकार एक दवी हुई शुक्ति (shell) अथवा मूँगा का द्रव्य (substance) परिर्वातत हो सकता है, जवकि उसका आकार (form) सुरक्षित रहता है। दूसरा उदाहरण काष्ठाश्म (petrified wood) द्वारा मिलता है (**चित्र ८३**), इसमे काष्ठ का द्रव्य खनिज पदार्थ द्वारा प्रतिस्थापित

(replaced) हो जाता है। सम्भवत. ऐसे परिवर्तन मन्द गति से होते है, जैसे-जैसे काष्ठ पदार्थ क्षय होता जाता है वैसे ही वैसे कण-कण करके घोल का खनिज पदार्थ उसमे प्रतिस्थापित होता जाता है।

अन्य परिवर्तन (Other changes)—विलयन द्वारा चट्टानो से खनिज पदार्थ को कम करने और अन्य स्थानो मे प्रविलीन (dissolved) किये हुए खनिज पदार्थ के निक्षेपण द्वारा कुछ स्थानो की चट्टानो मे पदार्थ की वृद्धि करने के अतिरिक्त जल चट्टानो मे और भी अन्य परिवर्तन पैदा करता है। वह कतिपय खनिजो के साथ सम्मिश्रण (combination) बनाता है और उनके स्वरूप (character) को भी परिवर्तित कर देता है। इस क्रिया (जलीयन—Hydration) का उल्लेख वायु की क्रिया के सन्दर्भ में पहले ही किया जा चुका है। तल के नीचे की आर्द्रता बहुत कुछ उसी प्रकार से खनिजो को प्रभावित करती है जैसे वायु की अथवा तल पर की आर्द्रता करती है। इस प्रकार के सभी परिवर्तन, जो शैल की रचना अथवा उसके खनिजो के परिवर्तन मे उत्पन्न होते है, रासायनिक परिवर्तन है। भूमिगत-जल द्वारा किये गये रासायनिक परिवर्तनो का सामान्य परिणाम, वायु द्वारा किये गये रासायनिक परिवर्तनो के परिणाम के समान ही शैल को विघटित करना है। इस प्रकार के परिवर्तन तल के समीप सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण है। यह परिवर्तन भूमिगत जल के तल पर और उसके ऊपर विशेष रूप से होता है।

सारांश—उपरोक्त अनुच्छेदो से यह स्पष्ट हो जाता है कि भूमिगत-जल चट्टानो में विभिन्न परिवर्तन करता है। जलपूरित चट्टानो को वास्तव मे एक प्रकार की विशाल रासायनिक प्रयोगशाला समझा जा सकता है जिसमे विलयन (घोल) बनाये जाते है और वे विलयन एक स्थान से दूसरे को ले जाये जाते है, और जाने की क्रिया मे साथ-साथ परिवर्तन भी करते चलते है। परिणामस्वरूप, शैल का मन्द किन्तु निरन्तर परिवर्तन होता रहता है। समय की विस्तृत अवधि मे इन परिवर्तनो की विशालता से प्रभावित होकर एक महान भूविज्ञानविद् (Geologist) ने कहा है, "पर्याप्त समय दिये जाने पर समार मे कोई भी अन्य वस्तु चट्टानो से अधिक परिवर्तनशील नही है।"

बलकृत क्रिया (Mechanical Work)

घर्षण (Abrasion)—भूमिगत-जल की बलकृत क्रिया अपेक्षाकृत कम महत्त्व की है। जल विरली स्थितियो मे ही पर्याप्त धाराओ मे सकेन्द्रित (concentrated) होता है। किन्तु जहाँ पर जल इस प्रकार सकेन्द्रित होता है, वहाँ अन्तर्भौम (underground) धाराएँ प्राप्त किये गये तलछट की सीमित मात्रा का परिवहन और निक्षेपण करती है।

अवपतन (अचानक गिरने की क्रिया), स्खलन (सरकना) आदि (Slumping, sliding etc)—अप्रत्यक्ष रूप मे भूमिगत-जल अन्य प्रकार के परिवर्तनो मे भाग लेता है। जब एक खड़े ढाल की मिट्टी और मृत्तिकामय पदार्थ जल से पूरित हो जाते है तो उनका भार अत्यधिक बढ़ जाता है। उस समय जल उनको अधिक गतिमान

(mobile) बना देता है। ऐसी परिस्थितियो मे कभी-कभी पदार्थ ढाल के नीचे की ओर सरकता है। इस प्रकार के सचलन को **अवपतन अथवा स्खलन** कहते है। यदि सचलन बडे पैमाने पर होता है तो उसे भूमि-स्खलन (Land-slide) कहते है। अदृढीभूत (unconsolidated) पदार्थ, जैसे मृत्तिका (clay) अथवा शिथिल चट्टान् के सकलनो (accumulations) द्वारा निर्मित ढालो पर अवपतन (slumping)

Fig. 84
South face of Landslip Mountain, Colo The protruding mass on the right has slumped down. (*U. S. Geological Survey*)

अधिकतर होता ही रहता है (**चित्र ८४**)। भूमि-स्खलन एक विशेप प्रकार की स्थलाकृति उत्पन्न करते है।

अनेक विध्वसात्मक भूमि-स्खलनो के उदाहरण मिलते है और उनमे से किसी एक के सम्बन्ध की कुछ बाते सभी घटनाओ का निदर्शन (illustrate) कर सकती है। २९ अप्रैल, १९०३ को कनाडा राज्य के अलबर्टा प्रान्त मे टर्टिल पर्वत (Turtle Mountain) पर एक स्खलन हुआ था। पदार्थो की एक विशाल राशि, लगभग एक मीटर वर्गाकार और सम्भवत १२० से १५० मीटर (४०० से ५०० फुट) गहरी, अचानक एक पर्वत के पूर्वी ढलवाँ भाग से छिन्न हो पडी और नीचे की घाटी मे नीचे सरक गयी। वह उस एक मीटर की चौडी घाटी को पार कर गयी और दूसरी ओर कुछ सौ मीटर ऊँची भी उठ गयी। जब वह स्थिर हुई तो उसने एक वर्ग किलोमीटर से कुछ अधिक क्षेत्रफल को घेर लिया था। स्खलन की लम्बाई प्राय ४ किलोमीटर थी और यह अनुमान किया गया है कि इस स्खलन मे १०० सैकिण्ड से अधिक समय नही लगा था। ऐसा विश्वास किया जाता है कि इससे पूर्व वर्ष की भारी

जल-वृष्टि ने शैल को आर्द्रता से पूरित कर दिया था और स्खलन से कुछ ही पूर्व, भूचाल के कम्पनों ने, इस दुर्घटना को सन्निकट ला दिया था। पर्वत के आधार में खानों की खुदाई के लिए बनायी गयी विस्तृत सुरगों आदि ने भी नीचे की संरचना को कमजोर बनाकर इस दुर्घटना के होने मे सम्भवत सहयोग प्रदान किया हो। अनेक जीवन नष्ट हुए थे और अनेक भवन ध्वंस हो गये थे।

तल की भूमि शीघ्र गति से नीचे खिसकने की अपेक्षा अत्यन्त मन्द गति से नीचे की ओर सरक सकती है। इस प्रकार के सचलन को सर्पण (creep—रेंगना) कहते है। सामान्यत यह इतना मन्द होता है कि देखा नही जा सकता है, किन्तु इसके परिणामस्वरूप ढालो के आधारो (bases) पर आवरण शैल, विशेषतः मृत्तिका पदार्थ, का सकलन हो जाता है। एक परिस्थिति मे (रिमनी घाटी, वेल्स) सर्पण की गति, जहाँ वह एक रेलमार्ग को प्रभावित करती थी, पचास वर्षों मे २ से ३ मीटर निश्चित की गयी है। उसी प्रकार का एक सचलन अब गोल्डेन, कोलोरेडो (Golden, Colorado) से कुछ किलोमीटर दूर एक रेल-मार्ग को निरन्तर व्याघात पहुँचा रहा है।

ढालों पर शिथिल तल-पदार्थ का नीचे की ओर का सचलन बहुत साधारण है। अनेक स्थानों पर इससे ढाल के वृक्ष कुछ नीचे की ओर को झुक जाते है (चित्र ८५)। ऐसा सम्भवत. कुछ अंश तक इस कारण है कि आवरण शैल का ऊपरी भाग, जिसमे वे वृक्ष लगे थे, निचले भाग की अपेक्षा अधिक तीव्र गति से नीचे को सर्पण करता है।

Fig. 85
Trees tipping down slope. North of Chicago. (*Coxe.*)

अवपतन (slumping), स्खलन (sliding) और सर्पण (creeping) की समस्त घटनाओ मे सचलन को उत्पन्न करने वाली शक्ति गुरुत्व (gravity) होती है। जल केवल उन परिस्थितियो को प्रस्तुत करने मे सहायक होता है जिनमे गुरुत्व की क्रिया प्रभावोत्पादक हो सके। जल संचलन को सरलतर बना देता है।

अवपतन से घनिष्ठ रूप मे सम्बन्धित गुरुत्व क्रिया का एक अन्य रूप है जिसका वर्णन यहाँ किया जा सकता है, यद्यपि उसका भूमिगत-जल से कोई सम्बन्ध नही है। उत्प्रपातो (cliffs) के सिरो से चट्टानो के खण्ड और वडी मात्राएँ प्राय नीचे वैठ जाती है (चित्र ८६)। दरारो मे भूमिगत-जल के जमने से उत्प्रपात के सिरे की

Fig 86
Mass of rock settling off the face of a cliff. The rock is limestone, the layers being nearly horizontal The open cracks are largely the result of solution and weathering East Tensleep Creek, Bighorn Mountains, Wyo (*Hole*)

चट्टानो के अपपाटन (pry off—सूक्ष्म निरीक्षण) मे सहायता मिलती है, और विलयन दरारो को चौडी वना देता है। दरारो मे जडो के जमने का प्रभाव भी जल के जमने के के समान होता है, इससे भी उत्प्रपात के सिरो की शिथिल मात्राओ के अपपाटन (pry off) मे सहायता मिलती है। ऐसी परिस्थितियो मे दरारो अथवा सधियो का अस्तित्व हिम, जडे, घोल आदि को प्रभावोत्पादक वनने मे सहायता पहुँचाता है।

अपक्षयण (मौसमीक्षरण)
(Weathering)

अपक्षयण की कुछ क्रियाओ का उल्लेख पहले ही हो चुका है, किन्तु साराश रूप मे यह कहा जा सकता है कि रासायनिक परिवर्तन [जारण, प्रागरीयण आदि (Oxidation, Corbonation etc)] जो वायुमण्डल द्वारा शैल मे होते है, वायुमण्डल के प्रभाव के अन्तर्गत तापमान की विपमताओ द्वारा किये गये वलकृत परिवर्तन (mechanical changes), और भूमिगत-जल द्वारा किये गये रासायनिक एव वलकृत परिवर्तन, सभी मिलकर खुली शैल के तल को इस प्रकार परिवर्तित कर देते है कि वह नष्ट हो जाती है। हम पहले ही देख चुके है कि अनेक खेतो के गोल पत्थरो

(bowlders) के तल छिन्न हो रहे है अथवा वह रहे हैं, और अनेक के रंग का परिवर्तन हो रहा है जबकि बाहरी रूप मे वे दृढ़ दिखाई पड़ते है। पत्थर की खानो मे पत्थरो की ऊपरी परते अक्सर टूटी रहती है, अथवा उनका रग नीचे वाली परतों मे भिन्न होना है। अनेक प्राचीन समाधि-शिलाओ (tombstones) जो केवल कुछ ही विंशक (२० वर्ष) पुरानी हैं, के लेख अस्पष्ट हो गये है और उनमे से कुछ उन शिलाओं से पूर्णतया विलीन हो गये है। शिला-निर्मित भवनों की दीवारो, स्मारकों और अन्य पत्थर की बनी रचनाओ से, समय-समय पर पत्थर के पत्र (flakes) छिन्न होते हुए दिखाई पड़ते है। इन सभी परिस्थितियों मे शिलाओ मे परिवर्तन हुआ है जिसके कारण इनका बाह्य भाग नष्ट हो रहा है। वे समस्त विधियाँ, जो इस परिणाम को उत्पन्न करती हैं, **अपक्षयण** (weathering) कहलाती है।

शिला के अपक्षयण का बड़ा महत्त्व होता है। अधिकाश भूमि छीजी हुई (weathered) शिला है और यदि शैल छीजे नही तो अधिकांश स्थल-भाग मिट्टी और वनस्पति से रहित हो जाएगा। हम यह देख चुके है कि शिला का अपक्षयण पवन के कार्य को अत्यधिक सरल बना देता है। वह पदार्थ को इतना बारीक बना देता है कि वह पवन द्वारा उड़ाया जा सके, यद्यपि यह सदैव ही मनुष्य के लाभार्थ नही होता है। जैसा कि हम अगले अध्याय मे देखेंगे, अपक्षयण बहते हुए जल द्वारा स्थानान्तरण के लिए भी पदार्थ प्रस्तुत करता है। अपक्षयण, वायु और जल के अपक्षरण (erosion) के साथ ही साथ अनेक अद्भुत दृश्य-खण्डो (sceneries) के निर्माण के लिए उत्तरदायी होता है (चित्र १३४ और १३५)।

अपक्षयण को प्रभावित करने वाली परिस्थितियाँ (Conditions affecting weathering)—शिलाओं के स्थायित्व (durability) मे महान अन्तर है। एक ही रचना (composition) की एक छोटे-छोटे चिकने दानो (fine-grained) शिला की अपेक्षा एक खुरदरी मोटे दानों वाली (coarse-grained) शिला शीघ्रता से क्षय होती है। सन्धियो और दरारो द्वारा पारगत (traversed) शैल, दृढ, अपारगम्य (impervious) शैल की अपेक्षा अधिक शीघ्रता से परिवर्तित होती है। कुछ शिलाएँ, जैसे चूनापत्थर, अपेक्षाकृत विलेय (soluble) पदार्थों की बनी होती है। जहाँ तक कि विलयन, अपक्षयण का एक प्रतिकारक (factor) है, प्रथम प्रकार की शिलाएँ द्वितीय प्रकार की शिलाओ की अपेक्षा शीघ्रता से क्षीण होती है। ठण्डी जलवायु हिम के पच्चर-कार्य (wedge-work) के अनुकूल हुआ करती है किन्तु वह वनस्पति के विकास और रासायनिक परिवर्तनो के प्रतिकूल होती है। शीतल और शुष्क प्रदेशो की अपेक्षा उष्ण एवं आर्द्र प्रदेशो मे शैल-अपक्षयण (rock decay) अधिक शीघ्रता से होता रहता है; किन्तु तापमान के परिवर्तनो के कारण शैल-विघटन (rock breaking) शुष्क प्रदेशो मे, जहाँ दैनिक तापमान की विषमताएँ बहुत होती है, पर्याप्त प्रभावशाली होता है। मरुस्थलों मे वायूढ (wind blown) बालू द्वारा शिलाओं का घर्षण महत्त्वपूर्ण है। साधारणतया और सम्भवतः नग्न शिलाओं का अपक्षयण शीत एवं समशीतोष्ण प्रदेशो की अपेक्षा उष्ण और आर्द्र प्रदेशो मे अधिक

शीघ्रता से होता है, परन्तु उष्ण और आर्द्र प्रदेशो मे अधिकांश शैल, अपक्षयण की कुछ क्रियाओ के होते हुए भी, भूमि एव अधौभूमि की मोटी परतो द्वारा सुरक्षित रहती है।

शिलाओ की स्थलाकृतिक (topographic) स्थितियाँ (positions) भी शैलो की अपक्षयण की गति पर महत्त्वपूर्ण प्रभाव डालती है। खडे ढालो पर जिस शीघ्रता से मलवा बनता है, उसी गति से प्राय वहाँ घुल भी जाता है और नग्न शिला निरन्तर खुली रहती है, किन्तु मैदानो मे ठोस शैल सम्भवत आवरण शैल (mantle rock) के नीचे गहराई मे दबी रहती है और इस प्रकार वे अपक्षयण की कुछ क्रियाओ से सुरक्षित रहती है।

अपक्षीण (weathered) शैल के तल के स्तर की मोटाई मे भी पर्याप्त अन्तर मिलता है। यह अन्तर ३० मीटर (१०० फुट) से अधिक शायद ही होता है और साधारणत यह मोटाई बहुत कम होती है। अनेक स्थानो पर आवरण-शैल की गहराई अपक्षीण पदार्थ के परिवहन की तुलना मे शैल के अपक्षयण की अधिकता को प्रकट करती है।

चूँकि स्थल के अधिकतर भागो के ऊपर आवरण शैल का ढक्कन है, अत यह परिणाम निकलता है कि औसत रूप मे शैल-अपक्षयण परिवहन द्वारा अधिक होता है। चूँकि जब शैल परिवर्तित होती अथवा घिसती है तो बहुत-सा पदार्थ घोल अथवा अन्य प्रकार से दूर चला जाता है, अत. चट्टानो के मलबे का कुछ मीटर नाश (destruction) अनेक मीटर ठोस शैल के नाश को प्रकट कर सकता है।

४

बहते हुए जल की क्रिया
(THE WORK OF RUNNING WATER)

स्थल की सर्वाधिक व्यापक प्राकृतिक आकृतियों में नदियाँ प्रमुख हैं। केवल मरुस्थलों में, जैसे सहारा अथवा ग्रीनलैण्ड जैसे क्षेत्रों में, जो अधिकतर हिम से आच्छादित हैं, ऐसे विस्तृत भूखण्ड मिलते हैं जो नदियों से रहित हैं। कुछ नदियाँ

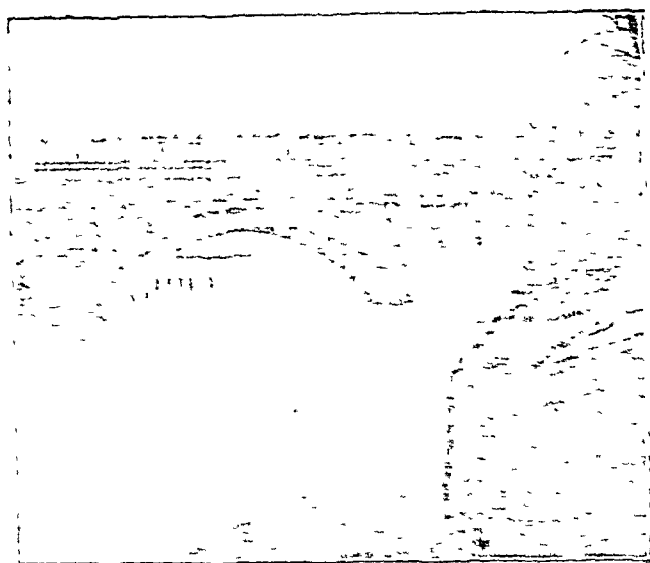



Fig. 87
The Passaic River in flood. Little Falls. N. J. 1902.

जैसे मिसीसिपी और आमेजन बहुत बड़ी हैं किन्तु अधिकांश नदियाँ छोटे आकार की हैं। सहस्रों गड्ड (creeks) और नाले (brooks), जिनमें से कुछ का स्रोत राकी पर्वतों में है, कुछ का अपेलेशियन पर्वतों में और कुछ का मध्यवर्ती मैदानों और पठारों में है, अपना जल मिसीसिपी नदी में लाते हैं। अन्य भागों पर भी यही क्रम मिलता है। प्रत्येक बड़ी नदी अनेक छोटी नदियों से जल प्राप्त करती है।

मिसीसिपी क्षेत्र (basin) की नदियों ने प्रारम्भिक खोज करने वालों, व्यापारियों और अन्य देशों में जाकर बसने वाले लोगों का पथ-प्रदर्शन किया और

इसी कारण से वाद मे विशाल वाणिज्य और राजनीतिक महत्त्व की सिद्धि हुई। अन्य देशो की अनेक बडी नदियो ने भी इतिहास मे इसके समान ही कार्य किये है।

कुछ नदियो का प्रवाह इतना मन्द है कि वे अपनी घाटियो मे अधिक परिवर्तन करती हुई ज्ञात नही होती, परन्तु कुछ नदियाँ अपने किनारो को इतनी शीघ्रता से काटती (wear away) है कि उनके द्वारा किये गये परिवर्तन प्रत्येक वर्ष देखे जा सकते है, अथवा जब नदी बाढ मे हो तो प्रतिदिन अथवा प्रति घण्टा भी देखे जा सकते है। नदियो की शक्ति ऐसे अवसरो पर प्राय विध्वसकारी होती है (**चित्र ८७** और ८८)। कभी-कभी वे पुलो और बाँधो को बहा ले जाती है, और कभी-कभी इमारतो को भी। असामान्य वर्षा, जैसे कि वृष्टि-स्फोट (cloud burst), के पश्चात् आकस्मिक वेगधारा (torrent) की शक्ति के कारण पुलो की बल्लियाँ और शलाकाएँ (beam and rods) और रेलमार्गो की फौलादी पटरियाँ इस प्रकार झुक जाती है मानो वे टहनियाँ (twigs) हो (**चित्र ८९**)।

औसत रूप मे, अनुमान किया गया है कि नदियाँ प्रतिवर्ष समुद्र मे लगभग २७,१०० घन किलोमीटर पानी भेजती है। स्थल की औसत ऊँचाई प्राय समुद्र-तल से ८ किलोमीटर है। अत यह २७,१०० घन किलोमीटर पानी समुद्र मे पहुँचने से पूर्व औसतन लगभग ८ किलोमीटर नीचे उतरता है। इस दूरी से गिरने मे जल की शक्ति (energy) बहुत वडी होती है। यदि हम जल की इस मात्रा को ८ किलोमीटर से तनिक कम की ऊँचाई से ऊर्ध्वाधर रूप (vertically) मे गिरते हुए अनुमान करे तो यह बात समझ मे आ जाएगी। नदियो के जल मे शक्ति की वही मात्रा होती है जो इस जल मे उस समय होती जबकि वह ऊर्ध्वाधर रूप मे गिरता। यह शक्ति अधिकतर घाटियो के किनारो और नितलो (bottoms) के पदार्थो को काटने मे व्यय होती है, इसलिए इसकी शक्ति विशाल है और स्थल के तल पर इसका प्रभाव स्पष्ट है।

नदियाँ पर्वतो, पठारो और मैदानो मे बहती है और जहाँ कही भी वे बहती है, वे अपने अनोखे ढंग से तल को थोडा बहुत परिवर्तित कर देती है। पर्वतो, पठारो और मैदानो मे बहते हुए जल द्वारा उत्पन्न स्थलाकृतिक आकृतियाँ (topographic features) बहुत कुछ समान होती है, और जब हम इनमे से किसी एक प्रदेश की इन आकृतियो का अध्ययन करते है तो वास्तव मे हम सिद्धान्त रूप मे उन सभी प्रदेशो के विषय मे अध्ययन करते है।

सरिता-जल के स्रोत (Sources of river water)—अधिकाश नदियाँ अपने जल की बहुत वडी मात्रा शीघ्र वरसे हुए जल के बहाव से और भूमिगत-जल से प्राप्त करती है और अनेक नदियो मे जलाशयो, झीलो, हिम-क्षेत्रो और हिम नदियो से जल आता है। उदाहरणार्थ, मिसीसिपी नदी मे इन सभी स्रोतो से जल आता है। तात्कालिक नि स्राव (immediate run-off), भूमिगत-जल, झीलो और हिम नदियो आदि सभी जल की इकाइयो के स्रोत वर्षा और हिम ही होते है। अत

नदियाँ अपने जल की प्राप्ति के लिए वायुमण्डलीय अवक्षेपण (atmospheric precipitation) पर निर्भर होती है।

Fig. 88

A raging river. Flood of the Mississippi River, breaking through its levees.

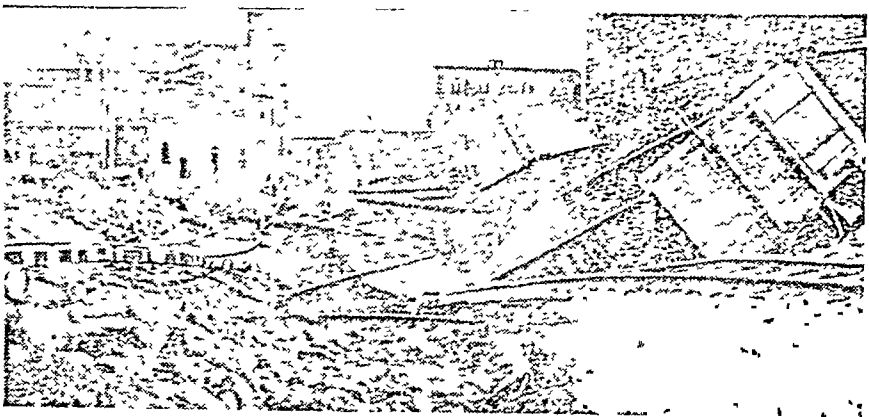



Fig 89

Scene in the freight-yards of Kansas City after the flood of 1903. (*U. S. Weather Bureau*)

वर्षा और नदियो के वीच के प्रत्यक्ष सम्बन्ध का अनुमान विभिन्न परिचित प्राकृतिक घटनाओं से किया जा सकता है। (१) कम वर्षा वाले प्रदेशों

(चित्र ९१) की अपेक्षा अधिक वर्षा वाले प्रदेशो (चित्र ९०) मे नदियो की सख्या अधिक हुआ करती है। (२) प्रत्येक भारी जलवृष्टि तथा शीघ्रता से पिघलती हुई हिम के प्रत्येक काल मे, अनेक छोटी नदियाँ उत्पन्न हो जाती है। (३) नदियाँ वर्षा के वाद उमड़ आती है। भारी वृष्टि के पश्चात् यह उमड़ सर्वाधिक होती है। (४) अनेक वे छोटी सरिताएँ जो वर्षाकाल मे प्रवाहित होती है, सूखा के समय मे शुष्क हो जाती है अथवा उनमे पानी की मात्रा कम हो जाती है।

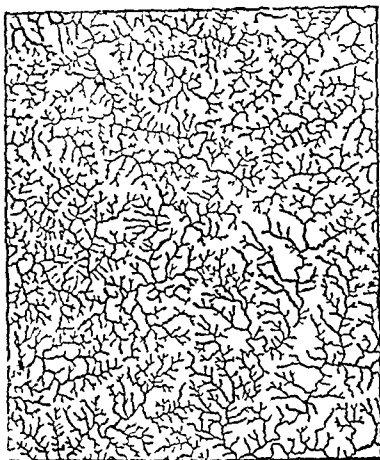



Fig. 90

Fig 91

Fig. 90. Map showing the many streams of a humid region. Central Kentucky. The area is about 225 sqare miles.

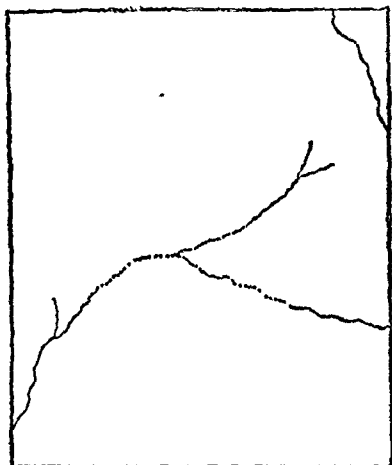



Fig. 91. Map showing the few streams of an arid region. Northern Arizona. The area is as great as that shown in Fig. 90.

सूखा के समय जिन नदियो मे निरन्तर जल-प्रवाह होता रहता है, उनमे से अधिकाश नदियो को जल प्रधानत झरनो, झीलो अथवा उनके उद्गम के समीप हिम के पिघलने से प्राप्त होता है।

स्थल पर जल के बहने का कारण तल का ढाल होता है। यदि किसी तल का ढाल पूर्णतया समतल (even) हो तो किसी वृष्टि का तात्कालिक नि स्राव (immediate run-off) एक 'चादर' के रूप (चौडाई) मे प्रवाहित होगा। कुछ ढाल इतने चिकने होते है कि उन पर गिरा हुआ जल इसी प्रकार से वहता है। किन्तु अधिकाश ढालो पर, यहाँ तक कि जो सम भी दिखाई पडते है, कुछ न कुछ विपमता अवश्य होती है, इस कारण, यद्यपि नि स्राव (run-off) चादर के रूप मे आरम्भ होता है, वह शीघ्र ही लघु सरिताओ और स्रोतो के रूप मे एकत्र होकर गर्तो (depressions) का अनुकरण करता है। छोटे-छोटे स्रोत मिलकर वडे स्रोत और लघु नदिकाएँ (streamlets) वना लेते है, और इस प्रकार के अनेक सयोगो (unions) के वाद वे उन घाटियो मे पहुँच जाते है जहाँ **स्थायी सरिताएँ** वहती है।

ये नदियां छोटी [उपनदिका (creek) अथवा नाला (brook)] अथवा बड़ी हो सकती हैं। जो सरिताएं कुछ समय तक ही, जैसे तूफानी वर्षा के बाद, आर्द्र मौसम में अथवा वर्ष के केवल कुछ भाग में ही प्रवाहित रहती हैं, वे अस्थायी सरिताएँ (intermittent streams) कहलाती हैं।

प्रत्येक स्थायी और अनेक अस्थायी सरिताएं गर्तों में बहती हैं। इन गर्तों को घाटियां कहते हैं (चित्र ९२)। इन घाटियों की संख्या भी प्राय: उतनी ही होती है जितनी कि सरिताएँ। अत्यन्त छोटे गर्त, जिनमें होकर जल केवल तीव्र वर्षा के

Fig. 92

Map showing normal drainage relations. Each stream flows in a depression. The largest stream has the largest valley. Streams of smaller size have smaller valleys, while the valleys of the smallest streams are very small. A few miles southwest of Scio, O.

(*U. S. Geological Survey*)

पश्चात् ही वहता है, हमेशा घाटियाँ नही कहलाते । यदि वे वहुत छोटे होते है तो वे **जलदरी** (gully) (**चित्र ९३**) और कुछ वडे होते है तो वे **उपघाटी** (ravine) कहलाते है । जलदरी और उपघाटी केवल छोटी घाटियाँ होती है । जिस प्रकार क्षुद्र धाराएँ एक दूसरे से मिलकर उपनदिकाएँ, और उपनदिकाएँ मिलकर नदियाँ वनाती है, उसी प्रकार जलदरियाँ, जिनमे छोटी से छोटी अस्थायी सरिताएँ वहती है, प्राय. सयुक्त होकर अधिक चौडी और अधिक गहरी जलदरियाँ वनाती है (**चित्र ९४**) । ये पुन आपस मे मिलकर उपघाटियाँ वनाती है । उपघाटियाँ जलदरियो की ही भाँति, केवल अधिक वडे गर्त ही होती है । उपघाटियो से मिलकर घाटियाँ उसी प्रकार से वन जाती है, जैसे कि जलदरियो से मिलकर उपघाटियाँ वन जाती है । घाटियाँ. सरिताओ की भाँति साधारणत समुद्र अथवा झील पर जाकर समाप्त होती है, किन्तु कुछ स्थितियो मे, विशेपत मरुस्थलीय प्रदेशो मे, वे शुष्क स्थल पर भी समाप्त हो जाती है ।

सामान्यतया घाटी के विस्तार और उसमे वहने वाली सरिता के आकार के वीच कुछ सम्बन्ध रहता है । यद्यपि यह सम्बन्ध ऐसा नही है जिसे गणित के पदो (terms) मे व्यक्त किया जा सके । वडी सरिता और वडी घाटी (**चित्र ९२**) सामान्यतया अभिन्न है, किन्तु यह सयोग आकस्मिक नही हो सकता है, और यह इस जाँच-पडताल के लिए हमे प्रोत्साहित करता है कि क्या नदियाँ स्वनिर्मित घाटियो मे होकर वहती है, अथवा क्या नदियाँ जहाँ होकर वहती है वहाँ इस कारण वहती है कि उनके लिए पहले से उन घाटियो को तैयार किया गया था । इन प्रश्नो के उत्तर देने का प्रयत्न हम अग्रिम पृष्ठो मे करेंगे ।

नदियो के अपक्षरण कार्य
(The Erosive Work of Streams)

नदियाँ सदैव अपनी घाटियो मे अपने जल के साथ कीचड, वालू आदि लाती रहती है । जव नदियाँ वाढ मे होती है तो यह क्रिया विशेप स्पष्ट रूप मे देखने मे आती है, क्योकि उस समय अधिकाश नदियाँ पकिल (कीचडयुक्त—muddy) हो जाती है । कीचड के अतिरिक्त, जल मे मिश्रित वालू, वजरी आदि नदियो के तल मे लुढकते चलते है । जल मे कीचड, और तल मे ककडो और पत्थरो का सचलन किसी ऐसी छोटी सरिता मे देखा जा सकता है जो किसी तूफान के वाद किसी सडक के पास से वहती है । वडी मिसीसिपी भी अपने भार को इसी प्रकार से ही वहन करती है । जव नदियाँ वाढ मे नही भी होती है तो भी वे तलछट वहा ले आती है, यद्यपि उस समय तलछट की मात्रा कम होती है । कुछ नदियो मे तलछट इतना कम होता है कि उनका जल स्वच्छ दिखाई देता है, किन्तु कुछ नदियाँ, जैसे मिसौरी, हमेशा पकिल रहती है । चूँकि अधिकाश नदियो का जल अन्त मे समुद्र मे पहुँचता है, अत. उनके साथ आये हुए तलछट का वडा भाग देर-सवेर महासागरो मे पहुँचता है और वहाँ पर प्रधानत तटो के समीप निक्षिप्त (deposited) हो जाता है । कुछ नदियाँ पदार्थ की जितनी मात्रा को स्थल से समुद्र मे ले आती है उसका अनुमान

किया गया है। किसी नदी के विषय मे यह अनुमान जल की उस मात्रा (volume) से निकाला जाता है जो नदी प्रतिवर्ष बहाकर लाती है, और तब प्रत्येक इकाई मे

Fig. 93
A gully developed by a single shower. (*Blackwelder*)

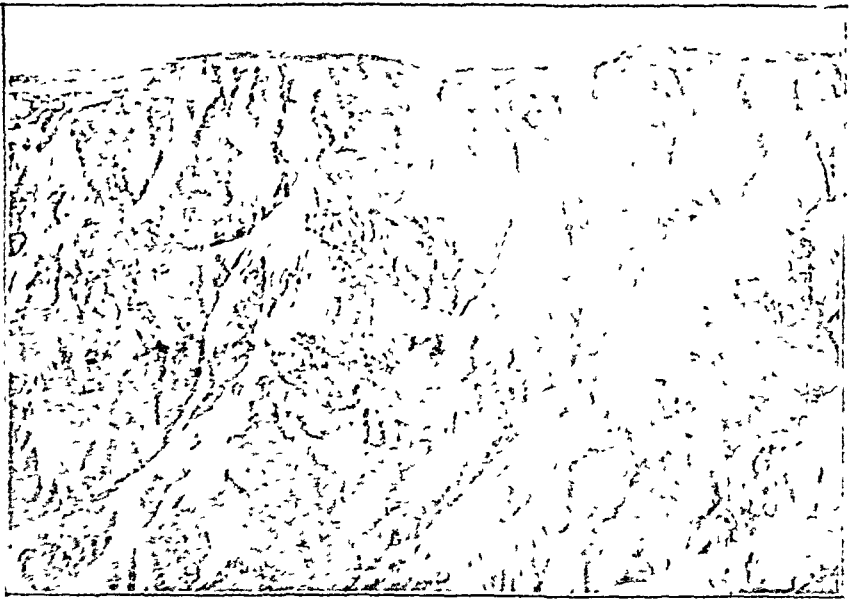



Fig. 94
Slope with numerous gullies, the smaller ones joining the larger ones. Scott's Bluff, Neb. (*U S. Geological Survey*)

तलछट की औसत मात्रा निश्चित की जाती है। प्रत्येक इकाई, उदाहरणार्थ, एक घन मीटर पानी की हो सकती है। इस प्रकार यह अनुमान किया गया है कि मिसीसिपी नदी मैक्सिको की खाडी मे प्रतिवर्ष प्राय ३४०,०००,००० टन अथवा प्रतिदिन लगभग दस लाख टन तलछट लाती है। समान मात्रा मे बालू और कीचड खाडी मे लाने के लिए ७५० से अधिक गाडियो (trains) की नित्य आवश्यकता होगी, जिनमे प्रत्येक मे ५० डिब्बे हों और प्रत्येक डिब्बा २५ टन भार ले जा सके। विश्व की समस्त नदियाँ समुद्र मे सम्भवत मिसीसिपी से कई गुनी अधिक मात्रा मे तलछट लाती है।

हमने देखा है कि भूमिगत-जल शैल-पदार्थ (rock matter) का विलयन करता है और झरने इस प्रविलीन (dissolved) पदार्थ का कुछ भाग नदियो मे लाते है। अत नदियाँ विलयन (solution) के रूप मे कुछ ऐसे पदार्थ लाती है, जैसे—लवण (Salt), चूर्णक-प्रांगारीय (Carbonate of Lime) आदि। ये घुले हुए पदार्थ साधारणतया अदृश्य रहते है और कीचड तथा अन्य तलछट के विपरीत, जल के शान्त हो जाने पर भी उसमे मिले रहते हैं। कुछ झरनो के जल मे प्रविलीन पदार्थ चखा जा सकता है, किन्तु नदियो के जल मे ऐसा कदाचित ही होता है।

जिस प्रकार चाय की केतली और वाष्पित्र (boiler) आदि के भीतरी भाग मे अवशेष रह जाते है, इसी प्रकार जल के निरन्तर खौलने पर जल के वाष्पीकरण के पश्चात् प्रविलीन पदार्थ अवशेष रूप मे रह जाते हैं।

अनुमान किया जाता है कि मिसीसिपी नदी प्रतिवर्ष १३,६४,००,००० टन प्रविलीन (घुला हुआ) खनिज पदार्थ समुद्र मे लाती है और इस प्रकार समस्त नदियो द्वारा लाये जाने वाले इस पदार्थ की मात्रा का वार्षिक अनुमान, सागर मे आने वाले तलछट की मात्रा का प्राय तृतीय भाग ही होता है।

ये सामान्य कथन यह प्रकट करते है कि नदियाँ निरन्तर स्थल से जल भाग को ठोस पदार्थ स्थानान्तरित करती रहती है। यह वास्तव मे उनका महान कार्य है। जो जल भूमि पर वर्षा के रूप मे गिरता है, प्रत्यक्ष रूप मे बहकर समुद्र मे नही जाता। वह भी शैल के अपक्षयण (decay) मे सहायता पहुँचाता है और इस प्रकार शैल को बहते हुए जल के साथ स्थानान्तरित होने के लिए प्रस्तुत करता है। अतएव यह कहा जा सकता है कि स्थल पर गिरने वाली प्रत्येक बूंद का कार्य स्थल को समुद्र मे ले जाना होता है।

बोझ और बोझिल क्रिया (Load and loading)—किसी नदी द्वारा हटाया गया तलछट, चाहे वह जल मे मिला हो और चाहे तल मे हो, नदी के जल का बोझ (load) कहलाता है। जब किसी नदी मे तलछट की मात्रा इतनी हो जाए जितनी कि वह नदी ले जा सकती है तो उसे बोझिल (loaded) नदी कहते है। यदि यह मात्रा कुछ कम है तो वह अंशत. बोझिल होती है। (अब प्रश्न यह है कि) नदी अपना बोझ कैसे प्राप्त करती है?

जब वर्षा का जल स्थल के ढाल से होकर नीचे की ओर बहने लगता है तो वह अपने साथ मिट्टी, उप-मिट्टी आदि के कण ले लेता है और उन्हे वहा ले जाता

है। ये कण आवरण शैल के टुकड़े होते है। परिणाम यह होता है कि वर्षा के बाद जो जल ढालो से नीचे की ओर बहता है वह अपने साथ उस नदी मे तलछट ले आता है जिसमें वह जाकर प्रविष्ट होता है। यह तथ्य उस समय विशेष रूप में सत्य होता है जबकि तात्कालिक नि.स्राव (immediate run-off—हाल की हुई वर्षा के जल का बहाव) जोते हुए अथवा खाली पड़े हुए खेतो मे होकर बहता हो। उदाहरण के लिए, जो जल ताजे जोते हुए ढालो से नीचे बहता है, वह सामान्यत. बहुत पंकिल होता है। इसके विपरीत, जो जल वनस्पति से भलीभाँति आच्छादित ढालो, जैसे घास के मैदान अथवा वन, से होकर बहता है, उसमे मिट्टी बहुत कम होती है क्योकि वनस्पति मिट्टी को रोक लेती है। ढालों पर स्थित अनेक जोते हुए खेतों मे जलदरियाँ (gullies) विकसित हो जाती है, जबकि समीपवर्ती बिना जोते हुए खेत इस अवस्था को नहीं प्राप्त करते। पहाडियों और पर्वतो के ढालों पर मिट्टी का शिथिल होना उसके स्थानान्तरण (removal) का कारण हो सकता है। यही कारण है कि फ्रास के कुछ भागों मे, दक्षिणी संयुक्त राज्य अमरीका के भागो मे, तथा अन्य स्थानो में जो ढाल पहले कभी उपजाऊ थे, अब उजाड़ हो गये है, क्योकि उनकी मिट्टी बह गयी है।

यदि अन्य बाते समान हों, तो तात्कालिक नि.स्राव द्वारा ढालों से बहने वाली तलछट की मात्रा वहाँ पर अधिक होती है जहाँ जल उपसरिताओं (streamlets) के रूप में एकत्र हो जाता है। इसके विपरीत, जहाँ वह चादर के रूप मे बहता है वहाँ तलछट की मात्रा कम होती है। प्रथम अवस्था मे छोटी-छोटी जलदरियाँ बन जाती है (चित्र ६३)। जलदरियाँ स्वय इस बात की प्रमाण है कि दोनो पार्श्वो (sides) की अपेक्षा उनकी धारा मे अपक्षरण अधिक है, क्योकि धाराओ के स्थान पर अपेक्षाकृत अधिक अपक्षरण के कारण ही उनका मार्ग बना है।

नदियो की तलछट का अधिकाश उनकी घाटियो के ढालो पर बहने वाले तात्कालिक नि स्राव के द्वारा ही उनमे पहुँचता है। किन्तु किसी घाटी की नदी केवल उसी तलछट को वहन नही करती है जो उसे चादर के रूप मे बहने वाले जल और अस्थायी उपसरिताओ द्वारा ऊपर के ढालो से प्राप्त होता है, वरन् अनुकूल परिस्थितियो मे नदी स्वय भी अपने तल और अपने किनारो मे अपना बोझ एकत्र करती है। उदाहरण के लिए, यह वहाँ सत्य होता है जहाँ कही भी किसी प्रबल सरिता का तल मृत्तिका (clay) अथवा बालू से निर्मित (composed) होता है, क्योकि इन पदार्थो के कण सरलता से शिथिल हो जाते है और शीघ्रता से धारा मे बह जाते है।

नदी अपने तल से तलछट केवल जल के आगे बढने की शक्ति से ही नहीं ग्रहण करती है। हमे नदी को एक ही सीधी धारा के रूप मे नही समझना चाहिए। जब जल किसी खुली हुई खाई अथवा नाली मे होकर बहता है तो देखा जा सकता है कि कुछ जल किनारो से मध्य की ओर बहता है और कुछ मध्य से किनारो की ओर। भँवर इसकी एक सामान्य घटना है। ये गौण गतियाँ वहाँ विशेष स्पष्ट होती है जहाँ धारा प्रबल होती है। अनेक तीव्रगामी नदियाँ आश्चर्यजनक ढंग से बुदबुदाती

(boil) है और भँवर (eddy) उत्पन्न करती है (चित्र ९५), उदाहरण के लिए, तीव्रगामी कोलम्बिया नदी मे भँवर प्राय इतने प्रबल होते है कि उनके मध्य मे नाव

Fig 95
A 'boiling' or eddying stream. Woods Canyon, Alaska
(*Spencer, U. S. Geological Survey*)

खेना कठिन है। किसी भँवर काटती हुई धारा मे पडकर पदार्थ प्राय नीचे की ओर खिच जाते है और फिर ऊपर की ओर आते है। मन्द गति वाली नदियो मे भी इस प्रकार के सचलन होते रहते है, यद्यपि साधारणत. वे कुछ कठिनाई से ही देखे जाते है।

इन सब प्राकृतिक घटनाओ से विदित होता है कि किसी नदी की मुख्य धारा मे अनेक गौण धाराएँ होती है और वे विभिन्न दिशाओ मे चलती है। इनमे अनेक की उत्पत्ति का कारण नदी-तल की विषमताएँ होती है (चित्र ९६), जहाँ से वे विभिन्न दिशाओ को विचलित (diverge) हो जाती है। मुख्य धारा की सहायक (subordinate) ऊर्ध्व धाराएँ (upward currents) नदी के तल से तलछट को ऊपर ले जाती है, अर्थात् वे तलछट को आलम्बन की स्थिति मे लाती है। जब ये सहायक धाराएँ नदी के जल-मार्ग (channel) के किनारो अथवा तल मे टकराती है तो वे शिथिल पदार्थ के खण्डो को उनके स्थान से हटा देती है। जैसा कि हम देखेगे कि ये गौण धाराएँ बारीक तलछट को आलम्बन

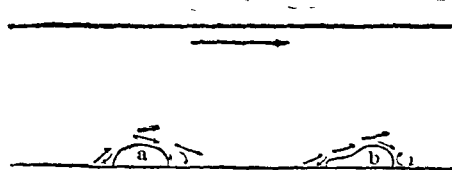



Fig 96
Diagram to illustrate the effect of irregularities a and b, in a stream's bed, on the current striking them.

की स्थिति मे लाने मे ही सहायक नही है वरन् उसको उस स्थिति मे रखने मे भी सहायक होती है।

कोई सरिता जो पानी के सामान्य स्तर पर स्वच्छ अथवा लगभग स्वच्छ रहती है, बाढ़ मे पंकिल (muddy) क्यो हो जाती है ? इसके दो कारण है। पहला कारण यह है कि बाढ के दिनो में सरिता मे तात्कालिक नि स्राव अधिक आता है और यह अपने साथ पर्याप्त मात्रा में तलछट लाता है। दूसरा कारण यह है कि जब सरिता बाढ मे आती है तो अन्य समयो की अपेक्षा उसका जल अधिक तीव्रगति से बहता है, इस कारण नदी तल से अधिक तलछट घिसने और उठाने की सामर्थ्य रखती है।

उपर्युक्त कथनों से ऐसा ज्ञात हो सकता है कि सभी तीव्र-प्रवाही (swift) नदियों का जल पकिल होना चाहिए, और समस्त मन्द-प्रवाही नदियो का स्वच्छ, किन्तु ऐसा होता नही है। अनेक तीव्र-प्रवाही नदियाँ, विशेपत पर्वतो मे, उल्लेखनीय रूप से स्वच्छ रहती है और इसके विपरीत कुछ मन्द-प्रवाही नदियाँ सदैव पकिल रहती है। कारण जानने के लिए दूर जाने की आवश्यकता नही है। तीव्र-प्रवाही

Fig. 97

Tools with which a river works These cobblestones and small bowlders were brought down by the stream in flood, and left where they now appear. Other similar materials now in transit cause the riffles in the current. Chelan River, Wash, just above its junction with the Columbia (*Willis, U. S. Geological Survey*)

सरिता भी स्वच्छ हो सकती है, क्योकि (१) यदि तात्कालिक नि स्राव (ढाल का धोल) और सहायक नदियाँ तलछट न लाते हो, और (२) यदि इसके अपने तल मे पदार्थ इतने स्थूल हो कि नदी उन्हे ऊपर न उठा सके। अनेक तीव्र-प्रवाही पर्वतीय नदियो की स्वच्छता का कारण यह है कि उनके तलों और किनारो पर किसी प्रकार की पंक (कीचड) अथवा बालू अथवा सूक्ष्म पदार्थ नही होते है, जबकि मैदानो मे अनेक मन्द-प्रवाही नदियो की पकिलता का कारण यह है कि उनके तल और किनारे

ऐसे सूक्ष्म पदार्थो के वने है कि उनकी मन्द धाराएँ भी उन्हे प्राप्त और वहन कर सकती है, जैसे—निचली मिसौरी (Lower Missouri) और प्लेट (Platte) नदियाँ ।

फिर, सरिता अपने तल से रगड करके अपने साथ अपने तल की शिथिल तलछट को खीचने का प्रयत्न करती है। यह क्रिया उसी प्रकार की है जैसे किसी प्रकार का एक भार कीचड के तल पर खीचा जाय तो वह अपने साथ अपने नीचे का कुछ कीचड भी खीच लायेगा । अत प्रत्येक सरिता, जो पहले से ही बोझिल नही है, अपने तल को काटती है, यदि वह तल मुलायम पदार्थो का हो, जैसे कीचड । काटने के साधन ये है—(१) मुख्य धारा की रगड (friction), (२) गौण धाराओ का आघात (impact), और (३) तल के सूक्ष्म पदार्थ के चालन (urging) अथवा खिचाव ।

कुछ नदी-घाटियाँ ठोस शैल (solid rock) मे ही नही वल्कि ऐसे शैलो मे भी होती है जो वहुत कड़ी होती है (**चित्र २५**) । ऐसी घाटियाँ किस प्रकार से वनती है ?

प्रथमत जो शिलाएँ पानी के लिए खुली होती है, जैसे किसी सरिता के जल-मार्ग (channel) मे, अथवा वायुमण्डल के लिए खुली होती है, उनका अपक्षयण (decay) होता रहता है। अपक्षयण के साथ ही साथ उनका अवचूर्णन (crumbling) भी होता है और जीर्ण भाग (crumbled part) सरलता से वह जाता है। पुन नदी द्वारा लुढकाये गये वालू और वजरी (**चित्र ९७**) इसके पैंदे को काटते है, चाहे वह कडी चट्टानो का ही क्यो न हो । अतएव नदी द्वारा लायी हुई तलछट एक हथियार (tool) अथवा, यह कहना उत्तम होगा कि, हथियारो का एक सग्रह (collection) वन जाती है, जिनके द्वारा जल अपना कार्य करता है और इन हथियारो द्वारा कडी शिलाएँ भी काट दी जाती है ।

किसी दृढ़, कडी शिला वाले तल पर वहता हुआ स्वच्छ जल वलकृत क्रिया (mechanical wear) से कोई कटाव नही करता, अथवा नगण्य प्रभाव डालता है। नियाग्रा जैसी सापेक्षतया (relatively) स्वच्छ नदियो के उदाहरण से यह वात स्पष्ट है। छोटी वनस्पतियाँ, जैसी कि पत्थर की आर्द्र दीवारो को हरी वनाती है, नदी के तल की चूनापत्थर की शिलाओ पर, प्राय. उगती हुई उन स्थानो पर देखी जा सकती है जहाँ कि जल पर्याप्त उथला हो और तल देखा जा सके । प्रपातो (falls) के किनारो पर भी जहाँ धारा अति प्रवल होती है, यही दशा मिलती है, और शक्तिशाली धारा (torrent) की सम्पूर्ण शक्ति भी इन सूक्ष्म वनस्पतियो को इनके स्थलो (moorings) से हटाने मे असमर्थ होती है। यदि नदी मे वालू अथवा पक का सामान्य वोझ (load) होता तो निस्सन्देह ये वनस्पतियाँ अति शीघ्रता से वहायी जा सकती थी। अतएव नदी द्वारा प्रवाहित तलछट नदी की अपक्षरण क्रिया (erosion) की दर को प्रभावित करने वाला एक कारक होता है, विशेषत जहाँ पर तल ठोस शैल का हो ।

वहन (Carrying)—यह पहले ही कहा जा चुका है कि नदियाँ अपने वोझ (तलछट) को (१) अपने तलो मे उसको लुढकाते हुए, और (२) तलो के ऊपर उसको आलम्वन (suspension) की स्थिति मे वहन करती हुई ले जाती है। स्थूल पदार्थ, जैसे ककड़, सामान्यत. लुढकाये जाते है किन्तु कीचड के खण्डो के प्रकार के सूक्ष्म पदार्थो के आलम्वित (लटके) रहने की ही सम्भावना रहती है।

तल पर लुढकाये गये पदार्थ जल की शक्ति से प्रत्यक्षत हटाये जाते है। प्रत्येक कंकड़ जो हटाया जाता है, वह उस जल द्वारा ढकेला अथवा लुढकाया जाता है जो उससे टकराता है। इसमे सिद्धान्त वही है जो पुलिन (beach) पर पडे कंकडो के हटाये जाने मे अन्तर्निहित (involved) है। अन्तर केवल यह है कि उनको आगे और पीछे लुढ़काने की अपेक्षा नदी उनको सदैव घाटी के नीचे की ओर ले जाती है।

पंक (mud) प्रधानत. शैल के सूक्ष्म कणो से निर्मित होती है जो जल से प्राय तीन गुना भारी होते है। ऐसा होते हुए भी वे आलम्वन की स्थिति मे रहते है और कुछ दीर्घकाल तक ऐसी ही स्थिति मे वने रहते है। पंक जल मे उसी प्रकार लटकी रहती है जिस प्रकार धूल वायु मे लटकी रहती है। चूँकि पक के कण जल से अधिक भारी होते है अत वे सदैव नीचे वैठने का प्रयत्न करते है। वास्तव मे वे नीचे की ओर जाते है, किन्तु जव वे गुरुत्व की शक्ति के प्रभाव मे नीचे जाने लगते है तो उनके गौण ऊर्ध्व धाराओ (minor upward currents) के वीच पड जाने की सम्भावना रहती है और गुरुत्व के होते हुए भी वे ऊपर वाहित (carried) हो जाते हैं। **प्रमुख धारा में इन गौण ऊर्ध्व धाराओ के कारण ही प्रधानतया तलछट आलम्वन की स्थिति में रहती है।** जिस ढग से सूक्ष्म तलछट आलम्वन की स्थिति मे वाहित होती है उसी के कारण वहन करने वाली नदी को अपनी घाटी को गहरी और चौड़ी वनाने मे सहायता मिलती है। जिस प्रकार गौण ऊर्ध्व धारा जल मे स्थित तलछट को ऊपर ले जाती है, उसी प्रकार गौण अधोमुख धाराएँ (minor downward currents) उसको तल की ओर नीचे ले जाती है और गौण पार्श्ववर्ती धाराएँ (minor sideward currents) उसको नदी के किनारो की ओर ले जाती है। इन विधियो से सूक्ष्म तलछट भी नदी को अपनी घाटी के वढाने मे सहायता करते है।

किसी नदी मे आलम्वित (suspended) तलछट के कण वारम्वार नीचे गिरते है और ऊपर उठते है। इस प्रकार एक कण वहुत लम्वी यात्रा कर सकता है, किन्तु यह लम्वी यात्रा अनेक छोटी यात्राओ से मिलकर ही वन सकती है। डाकोटा (Dakota) से मैक्सिको की खाडी तक जाने वाली कीचड के कण, सम्भवत अपने मार्ग की प्रत्येक दशा मे अनेक पडाव डालते है, और उनकी मात्रा मे व्यतीत होने वाला समय उस जल की, जिसने उन्हे उद्वेलित किया था, यात्रा मे व्यतीत होने वाले समय से सामान्यत कई गुना अधिक होता है।

बोझ की मात्रा (Amount of load)—किसी नदी द्वारा ले जाये जाने वाले तलछट की मात्रा (१) उसके वेग (velocity), (२) उसकी मात्रा (volume), और (३) प्राप्य तलछट की मात्रा और प्रकार (amount and kind of sediment

available) पर निर्भर करती है। एक तीव्रता से प्रवाहित होने वाली बडी सरिता मन्द गति से प्रवाहित होने वाली छोटी सरिता से अपेक्षाकृत अधिक तलछट (बोझ) ले जा सकती है।

Fig 98

A stream channel clogged with bowlders too big *for the stream to move, except in times of flood.*

नदियो की वहन शक्ति (carrying power) पर वेग का प्रभाव उन अधिकाश गड्ढो और नदियो मे देखा जा सकता है, जिनकी चौडाई मे उल्लेखनीय अन्तर मिलता है। कम चौडाई के स्थानो पर सम्भावना रहती है कि तीव्र जल समस्त सूक्ष्म पदार्थ को वहा ले जायगा, और तल मे केवल स्थूल ककड, पत्थरो को रुका रहने देगा, किन्तु अधिक चौडे स्थानो पर तल पक से आच्छादित रह सकता है। किसी स्थान पर नदी के मार्ग को कृत्रिम रूप से सकीर्ण बनाकर उसके जलमार्ग (channel) को स्वच्छ रखा जा सकता है। सन् १८७५ मे जेम्स वी० ईड्स (James B Eads) ने मिसीसिपी को उसके डेल्टे के समीप कृत्रिम ढग से सकीर्ण बनाकर उसमे केवल तलछट के अग्रिम निक्षेपण (further deposition of sediment) को ही नही रोका बल्कि सरिता को अपने जलमार्ग को भी स्वच्छ रखने पर बाध्य कर दिया। इस परिवर्तन ने बडे-बडे समुद्री जलयानो को न्यू ओरलियन्स (New Orleans) तक आने की सुविधा प्रदान की है और इस नगर की वाणिज्य सम्बन्धित समृद्धि को सुरक्षित किया है।

इस तथ्य को कि सूक्ष्म तलछट स्थूल की अपेक्षा अधिक सरलता से उठाया और वाहित किया जा सकता है, इस परिचित घटना से निर्दशित (illustrated) किया जा सकता है कि यदि एक पौण्ड भार का एक पत्थर किसी सामान्य सरिता मे फेका जाए तो वह शीघ्रता से नदी के तल मे डूब जाएगा, किन्तु यदि उसी नदी मे एक

पौण्ड सूक्ष्म धूल फेंक दी जाए तो उसके कण तल मे डूबने से पहले कुछ दूर तक आगे वहते जाएँगे।

एक नदी स्थूल की अपेक्षा सूक्ष्म तलछट के वहुत वडे भार को वहन कर सकती है। इसके दो कारण है—(१) वाहित किये हुए सूक्ष्म पदार्थ का प्रत्येक पौण्ड, स्थूल पदार्थ के प्रत्येक पौण्ड की अपेक्षा नदी की शक्ति पर कम वोझ डालता है, और (२) नदी की शक्ति का एक दीर्घतर भाग दूसरे (स्थूल) की अपेक्षा पहले (सूक्ष्म) को वहन करने मे प्रयुक्त हो सकता है।

अपक्षरण की परिभाषा (Erosion defined)—स्थल के तल का कटना (wearing) **अपक्षरण** है। सामान्यतया अपक्षरण मे न्यूनाधिक स्पष्ट तीन विधियाँ (processes) है—(१) **अपक्षयण** (Weathering), (२) **संघर्षण** (Corrasion) अथवा अपक्षयण द्वारा अथवा अन्य किसी विधि से शिथिल (loosened) किये हुए शैल पदार्थ (rock material) को चुनना (pick up), और (३) **परिवहन** (Transportation)। जल द्वारा शैल पदार्थ का विलयन प्राय: सघर्षण मे सम्मिलित किया जाता है, किन्तु इसकी अपेक्षा इसको **संक्षरण** (corrosion) कहना उत्तम होगा। जव वहता हुआ जल तलछट को वहन करने मे असमर्थ हो जाता है, तो वह अपनी तलैटी को परिभ्रश (degrade) करना वन्द कर देता है।

निक्षेपण अपक्षरण का परिणाम है (Deposition a consequence of erosion)—जव नदियाँ अपनी तलछट को और आगे वहन करने मे असमर्थ हो जाती है तो वे तलछट को निक्षिप्त कर देती है। निक्षेपण का सर्वाधिक सामान्य कारण वेग की कमी है। कुछ तलछट घाटियो मे, विशेपतया उनके निम्नतर मार्गो मे, छूट जाती है। कुछ तलछट उस समुद्र अथवा झील अथवा द्रोणी (basin) मे पहुँचती है जहाँ जाकर नदी ममाप्त होती है। घाटियो मे तलछट के निक्षेप उनके तल को **ऊँचा उठाते** है। इस प्रकार मिसीसिपी नदी मैक्सिको खाडी से उत्तर मे सैकडो किलोमीटर तक अपनी घाटी की तलैटी मे तलछट को फैलाती है, और अन्य वडी नदियाँ, जैसे नील, ह्वागहो और गगा, इसी प्रकार का कार्य कर रही है। परन्तु वहते हुए जल द्वारा स्थल पर **उच्चयन** (aggradation) किये गये कार्य की मात्रा परिभ्रशन (degradation) की मात्रा मे वहुत कम है। नदियो द्वारा तलछट के निक्षेपण का विपय अपने उचित स्थान पर विस्तारपूर्वक दिया जाएगा।

नदियो द्वारा अपनी घाटियो में किये गये परिवर्तन
(Changes Made by Rivers in Their Valleys)

किसी घाटी मे तीन विस्तार (dimensions) होते है—गहराई, चौडाई और लम्वाई, और प्रत्येक विस्तार परिवर्तनीय होता है।

घाटियो को गहरा करना (The deepening of valleys)—अपक्षरण (erosion) करने वाली नदियाँ अपनी घाटियो को अधिक गहरा और चौड़ा वनाती है। जहाँ पर नदियाँ निक्षेप करती है, अर्थात् जहाँ से वे जितना वहाती है उससे

अधिक छोडती है, वहाँ वे अपनी घाटियो को अधिक उथला बनाती है। अधिकाश वेगवती नदियाँ अपनी घाटियो को गहरा बनाती है, परन्तु कुछ मन्द प्रवाही अपनी घाटियो को अधिक उथला बनाती है। अनेक घाटियाँ अपने ऊपरी मार्ग मे जहाँ कि धाराएँ अधिक वेगवती होती है, गहरी बनती रहती है, और अपने निचले मार्ग मे, जहाँ कि धाराएँ अधिक मन्द होती है, उथली बनती रहती है।

तीव्र प्रवाही सरिताएँ इस कारण तीव्र होती है कि वे ऐसे जलमार्ग मे बहती है जो सापेक्षतया सीधे ढाल का होता है। किन्तु, चूँकि ऐसी नदियाँ अपनी घाटियो को गहरा बनाती रहती है, अत ढाल अथवा घाटियो के तल का **प्रावण्य** (gradient) कम हो जाता है और नदियाँ अधिक मन्द बहने लगती है। **कालान्तर में प्रत्येक वेगवती सरिता अपने जलमार्ग को इतना नीचा काट देगी कि उसकी धारा मन्द पड़ जाएगी।**

एक ओर किसी घाटी की गहराई और दूसरी ओर उसके तल मे अपक्षरण (erosion) अथवा निक्षेपण (deposition) के बीच कोई निश्चित सम्बन्ध नही होता है। कुछ गहरी घाटियाँ, जैसे कोलोरेडो के केनयान (Canyon of the Colorado) (**चित्र २५**) अपक्षरण के कारण अधिक गहरी होती जा रही है, जबकि कुछ उथली घाटियाँ निक्षेपण के द्वारा अधिक उथली होती जा रही है। दूसरी ओर कुछ गहरी घाटियाँ ऊँची बनती जा रही है और कुछ उथली घाटियाँ परिभ्रंशित (degraded) होती जा रही हैं।

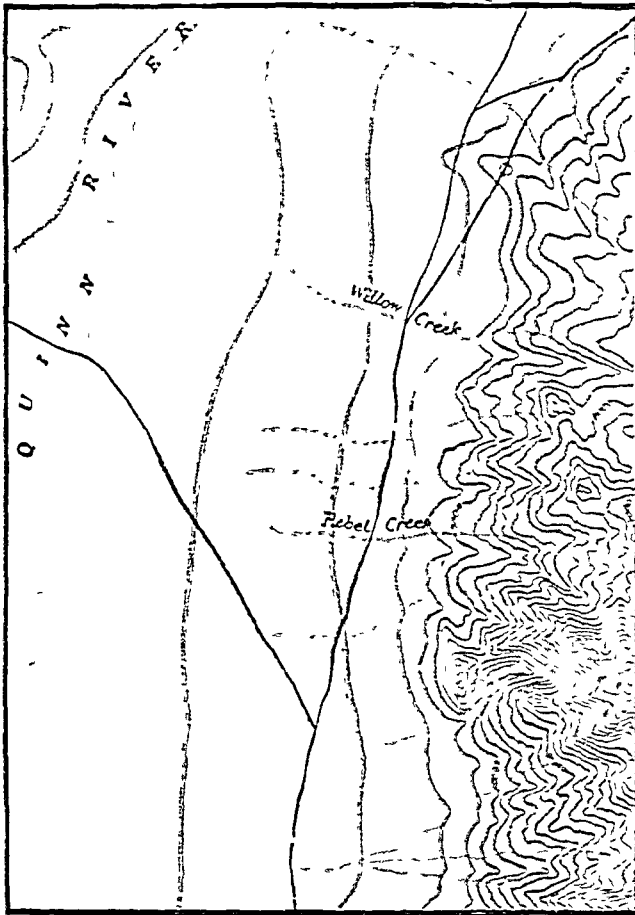
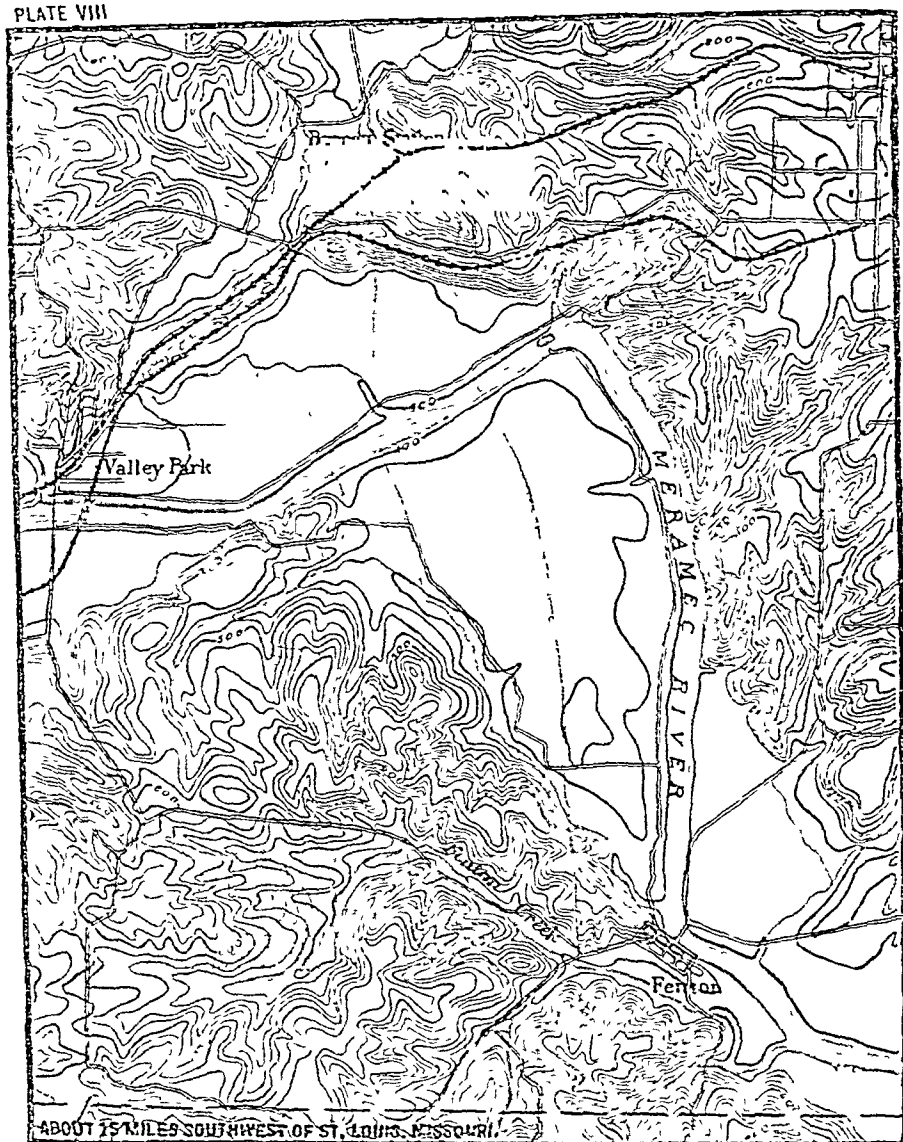
किसी घाटी की गहराई प्रधानत उस स्थल की ऊँचाई पर निर्भर करती है जिसमे कि वह घाटी निर्मित होती है। जितनी ही अधिक ऊँची भूमि होगी, उतनी ही अधिक गहरी घाटी हो सकती है। कोलोरेडो के केनयान (निदरी) (**चित्र २५**) और यैलोस्टोन (Yellowstone) (**चित्र १३२**) के समान घाटियाँ मैदानो मे कभी नही मिलती (**चित्र ८५** और १३० की तुलना करो)। **बहुत गहरी घाटियाँ पठारो और पर्वतों की विशेषताएँ होती है**। एक विशिष्ट ऊँचाई के स्थल पर कोई घाटी जो गहराई प्राप्त कर सकती है वह इस बात पर निर्भर करेगी कि जल जिस मार्ग का अनुसरण कर रहा है उसके अनुसार समुद्र से घाटी की दूरी क्या है। यदि कोई नदी समुद्र-तल से ६०० मीटर (२,००० फुट) ऊँचे और उससे ३२० किलोमीटर (२०० मील) की दूरी पर स्थित एक पठार से सीधे मार्ग मे वहती है, तो उसका औसत उतार (fall) प्रति किलोमीटर मे २ मीटर होगा, परन्तु यदि नदी एक उसी ऊँचाई के पठार से, जो समुद्र से ३,२०० किलोमीटर (२,००० मील) की दूरी पर हो, तो उस नदी मे होकर बहने वाले जल का औसत उतार प्रति किलोमीटर २० सेटीमीटर होगा। यदि दोनो परिस्थितियो मे नदी की मात्रा (volume) समान हो तो समुद्र से समीप वाले पठार मे घाटी दूसरी घाटी की अपेक्षा बहुत अधिक गहरी होगी। दूसरे शब्दो मे, कोई घाटी जो गहराई प्राप्त कर सकेगी, प्रधानत. उस जल के उतार (अथवा प्रावण्य) पर निर्भर होगी, जो नदी मे होकर बहता है। अतएव महाद्वीपो के किनारों के समीप की घाटियाँ महाद्वीपो के

Streams disappearing in the sand, gravel, etc. at the base of mountains in an arid region. Scale 4—miles per inch. Contour interval 200 feet (Paradise, Nev., Sheet, U. S. Geol. Surv.)

PLATE VIII

A stream widening its valley by lateral planation. Scale 1— miles per inch
Contour interval 20 feet (U. S. Geol Surv)

भीतरी भाग मे स्थित उसी ऊँचाई के स्थलो की घाटियों की अपेक्षा अधिक गहरी हो सकती है ।

गहराई की सीमा (Depth-limit)—अधिकाश नदियाँ अपने निचले सिरो पर जिस झील, समुद्र अथवा अन्य नदी मे गिरती है उसके स्तर के बराबर अथवा उससे भी कुछ नीचे तक, अपना जलमार्ग काट देती है । **जिस जल-राशि में जाकर कोई नदी गिरती है, वह उसकी घाटी की गहराई की सीमा को निश्चित करती है,** किन्तु घाटी गहराई की इस सीमा पर केवल अपने निचले सिरे पर ही पहुँच पाती है । नदी की घाटी का ऊपरी सिरा समुद्र-तल से सदैव ऊँचा रहता है ।

निम्नतम स्तर जिसे एक नदी बलकृत क्रिया (mechanical wear) द्वारा अपनी घाटी की तलैटी मे प्राप्त कर सकती है वह चरम-स्तर (base-level) [अथवा अनावृतीकरण की अन्तिम **आधार-रेखा** (level of base-level)] है । यदि कोई नदी इस स्तर पर एक चौडा समतल बनाती है तो वह चौड़ा समतल एक चरम स्तर होगा । बहते हुए जल के अपक्षरण द्वारा किसी **बड़े क्षेत्र** का अनिवार्य चपटापन धारण कर लेना उसका चरम स्तर है ।

इस बात का ध्यान रखना चाहिए कि किसी नदी का **जलमार्ग** (channel) निचले सिरे पर और उसके समीप समुद्र-तल से नीचा हो सकता है । मिसीसिपी का जलमार्ग नदी के मुहाने से कुछ दूर ऊपर तक समुद्र-तल मे नीचा है और स्थानीय रूप मे ३० मीटर (१०० फुट) से भी नीचा है । दूसरी ओर मिसीसिपी घाटी का चौडा मैदान उसी प्रदेश मे समुद्र-तल से थोडा ही ऊपर है ।

जिस गति मे कोई नदी अपक्षरण (erodes) करती है वह गति अनेक परिस्थितियो द्वारा प्रभावित होती है, और प्रत्येक स्थिति जो अपक्षरण की गति को प्रभावित करती है, वह समय की उस अवधि को भी प्रभावित करती है जो नदी अपनी घाटी की तलैटी को चरम स्तर तक पहुँचाने मे लेती है । अन्य बाते समान होने पर, एक बडी नदी, एक छोटी नदी की अपेक्षा अपनी घाटी की तलैटी (bottom) को चरम-स्तर के स्तर पर अधिक शीघ्रता से लायेगी, और कोई भी नदी प्रतिरोधी शैल (resistant rock) की अपेक्षा निर्बल शैल (weak rock) मे होकर अपने जलमार्ग को इस स्तर से नीचा बना लेगी ।

घाटियों का चौड़ा होना (The widening of valleys)—यदि किसी घाटी का विकास केवल उसकी नदी के निम्न कटाव (down cutting) पर ही निर्भर करता तो घाटी अपने मध्य मे बहने वाली नदी से अधिक चौडी नही होती (चित्र ९९, चित्र २४ और २५ भी देखो) । क्योकि अधिकाश घाटियाँ अपनी नदियो की अपेक्षा बहुत अधिक चौडी है, अतः उनके विकास मे निम्न कटाव के अतिरिक्त अन्य बाते भी अवश्य सम्मिलित होगी।

Fig. 99

Diagram of a valley, the top of which is ten times the width of the stream.

अधिकाश घाटियाँ अपनी तलैटी की अपेक्षा अपने शीर्ष (tops) पर बहुत अधिक चौडी है, और सभी घाटियाँ निरन्तर चौडी बनती जा रही है। घाटी के चौडे बनने का कार्य अनेक प्रकार से होता है। उनमे से कुछ निम्नाकित है

(१) कभी-कभी कोई नदी अपने जलमार्ग के एक ओर इतनी शक्ति से बहती है कि ऊपर के ढाल का निचला भाग काट देती है (पट्ट ८ और चित्र १००)।

Fig. 100

River undercutting its bank and widening its valley by planation where the material is unconsolidated sand, gravel, etc.

निचले भाग के कट जाने से ऊपर के पदार्थ के गिरने या खिसकने की सम्भावना बढ जाती है और इस प्रकार घाटी पहले की अपेक्षा अधिक चौडी हो जाती है। मन्द-प्रवाही नदियाँ तीव्र-प्रवाही नदियो की अपेक्षा अपनी घाटियाँ अधिक चौडी कर लेती है, अशत इस कारण कि मार्ग मे किसी प्रकार का अवरोध उपस्थित होने पर वे अधिक सरलता से अपने किनारो के विरुद्ध घूम पडती है।

(२) पुन किसी घाटी के ढालो पर गिरती हुई वृष्टि का कुछ भाग तल की ओर प्रवाहित होता है और अपने साथ कीचड, बालू और स्थूलतर पदार्थों को वहा लाता है। इस प्रकार का परिवहन (transportation) धीरे-धीरे उन ढालो को काटकर घाटी को चौडा बनाता है।

(३) किसी घाटी के ढालो पर स्थित शिथिल मृत्तिकामय पदार्थ (loose earthy matter) क्रमश नीचे की ओर सरकता रहता है। यह सचलन (movement) विभिन्न प्रकार से होता है .

(अ) यदि पदार्थ मृत्तिका (clay) है तो सूखने पर वह सिकुडता है और सिकुडने की क्रिया मे उसमे दरारे पड़ जाती है। दरारो के बीच के अन्तराल (gaps)

का कारण प्रधानतः ढाल से नीचे की ओर मृत्तिका के अधोमुख (downward) संचलन का होना है (A, चित्र १०१)। इसी प्रकार की दरारें (चित्र १०२) वहाँ

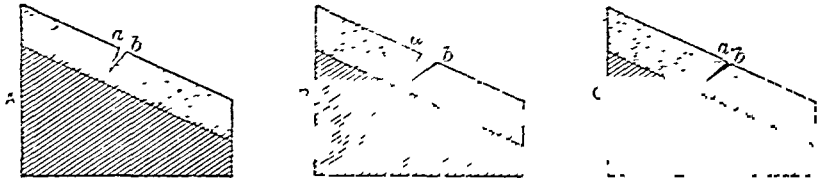



Fig. 101

Diagram to illustrate the effects of drying and wetting on a clay slope. In *A* the clay is drying and cracking open. In *B* the process has gone further, and it is *b* which has moved down, while *a* remains where it was in *A*. *C* represents the same after it has been wet again and the crack closed, chiefly by the moving down of *a* rather than the moving up of *b*.

भी देखी जा सकती है जहाँ एक कुण्ड अथवा तालाब सूख गया हो, यद्यपि वहाँ पर सरकने का प्रश्न नही होता। जब ढाल पर दरारो वाली मृत्तिका फिर से गीली होती है, जैसे वृष्टि के कारण, तो मिट्टी फूल जाती है और दरारे बन्द हो जाती है; परन्तु मिट्टी का फूलना इस प्रकार से होता है कि दरारो का बन्द होना प्रधानतया

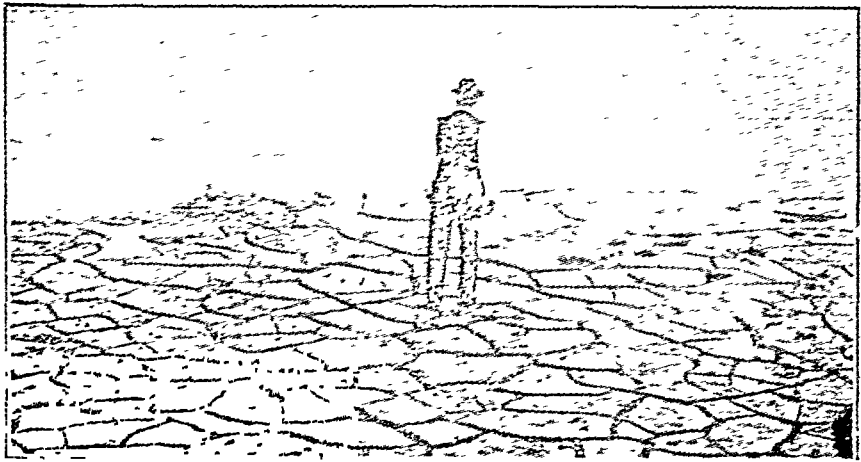



Fig. 102

Drying-cracks in the flood plain of the Missouri. (*Chamberlin*)

दरारो के ऊपरी भाग की मृत्तिका के नीचे की ओर के सचलन के कारण होता है (C, चित्र १०१), इस दशा मे नीचे की ओर की मृत्तिका ऊपर की ओर सचलन नही करती है। ऐसा इस कारण होता है कि पृथ्वी की गुरुत्व-शक्ति मृत्तिका को नीचे की ओर खिसकने मे सहायता करती है, जबकि ऊपर की ओर का संचलन, यदि ऐसा होता, तो गुरुत्व के विपरीत होता।

(ब) पुन , मृत्तिकामय पदार्थ (clayey material) की प्रवृत्ति भीगने के बाद 'श्यान (चिपचिपा) तरल पदार्थ (viscous fluid) बन जाने की होती है और जिस सीमा तक वह द्रव बन पाता है, वह ढाल के नीचे की ओर खिसकने अथवा बहने की प्रवृत्ति धारण करता है। इसके प्रतिकूल प्रतिरोध (friction), पौधो की जड़े आदि, उसको नीचे आने से रोकते है। इस प्रकार के सभी अधोमुख सचलन घाटी को चौड़ा बनाते है क्योकि नीचे आये हुए पदार्थ को नदी, जबकि वह घाटी की तलैटी तक पहुँचती है, वहा ले जाती है।

(४) जब सीधी घाटी के ढाल (steep valley slope) का शिथिल पदार्थ जल से पूर्णत: पूरित हो जाता है, जैसे कि लम्बी वृष्टि के पश्चात् अथवा जब हिम पिघल रही हो, तो उच्चतर स्तर से निम्नतर स्तर की ओर उसका सर्पण अथवा अवपात (slide or slump) हो सकता है (चित्र १०३)। मृत्तिका के समान असंघनित (unconsolidated) पदार्थों से बने घाटी के तीव्र ढालो पर गिरावट (slumping) सामान्य घटना है। अवपतन जहाँ से आरम्भ होता है वहाँ पर घाटी को चौडा बना देता है। ढालो से इस प्रकार गिरा हुआ पदार्थ अन्य प्रकार से गिरे हुए पदार्थों की भाँति शीघ्र या देर से नदी द्वारा बहा ले जाया जाता है।

(५) यदि ढाल सीधा है, तो प्रत्येक जानवर जो किसी घाटी के ढाल पर चलता है, न्यूनाधिक मात्रा मे उसके पदार्थ को शिथिल कर देता है और यदि यह पदार्थ किंचित भी सचालित होता है तो उसके अधोमुख सचालन की ही सम्भावना है। सभी प्रकार के बिल खोदने वाले जानवर तल के पदार्थ को शिथिल बनाते है और उसे ढाल से नीचे सरलता से अग्रसर होने के लिए प्रस्तुत कर देते है। ये सभी विधियाँ घाटी को चौडा करने मे सहायक होती है।

(६) घाटियो के किनारो पर जो वृक्ष उगते है वे उखड़ सकते है। जब कभी वे उखडते है, वे न्यूनाधिक मात्रा मे मृत्तिकामय पदार्थ को स्खलित कर देते है और यदि ढाल सीधा है तो उस पदार्थ के कुछ भाग के नीचे लुढ़क पड़ने की सम्भावना रहती है। यदि ढाल सीधे न हो तो शिथिल किया गया पदार्थ ढाल के प्रवणवाह (slope wash) अथवा अन्य साधनो द्वारा वाहित हो सकता है।

(७) कुछ सूक्ष्म पदार्थ घाटियो के ढालो से पवन द्वारा उडा दिया जाता है।

विभिन्न अन्य विधियाँ भी कार्यरत है जो ढालो की मिट्टी अथवा शिलाओ को शिथिल बनाने में सहायक होती है। समस्त विधियाँ जो इस स्थिति मे पदार्थ को शिथिल करती है, उसे अवरोहण (descent—नीचे की ओर आने) के लिए प्रस्तुत करती है, और किसी घाटी के ढालो से पदार्थ का अवरोहण अथवा स्थानान्तरण, सदैव उसकी चौड़ाई को बढाता है। **अतः समस्त घाटियाँ निरन्तर चौड़ी होती रहती हैं**। चौडी करने वाली अधिकाश विधियो मे नदी स्वयं एक महत्त्वपूर्ण कारक (factor) है क्योकि वह ढालो से गिरे हुए पदार्थ का अधिकांश वहा ले जाती है। अनेक घाटियो के ढालो के आधारो पर बहुत अधिक मलवा (debris) अथवा **भग्नाश्म राशि** (talus) वहा ले जाने के लिए तैयार मिलता है (चित्र १०४)।

Fig. 103

Slumping on the side of a valley, two miles southeast of Trout Lake, near Telluride. Colo. The tilted mass in the central foreground has slumped down from the higher land to the right. (*Hole*)

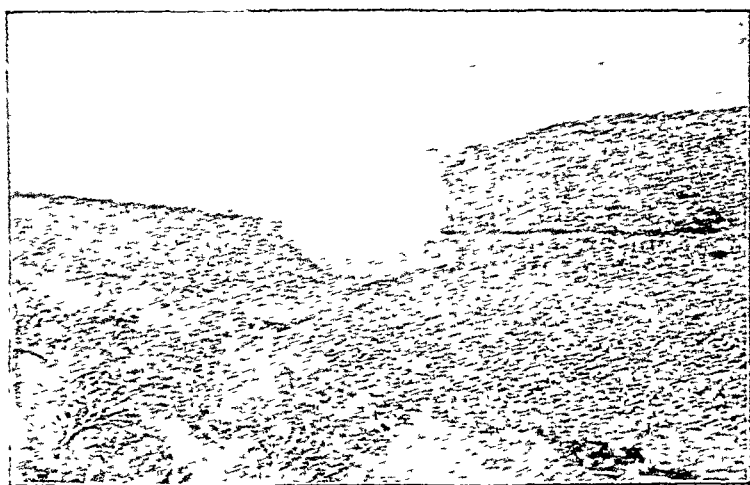



Fig. 104

Talus at base of valley slope. ready to be carried off by the stream. Little Canyon—looking south into Snake River. (*U. S. Geological Survey*)

उन समस्त विधियो, जो कि घाटियो के ढालो को काटती रहती है, के परिणामस्वरूप सलग्न (adjacent) घाटियाँ यहाँ तक चौडी हो सकती है कि उनके बीच का विभाजक कटकर समाप्त हो जाए (चित्र १०५ और १०६)। परन्तु अधिकतर घाटियो के मध्य का विभाजक पूर्णत विलुप्त होने की अपेक्षा नीचा हो जाता है (चित्र १०७, ५)।

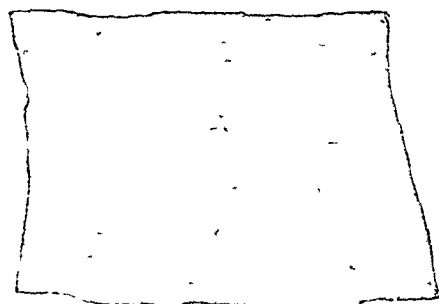



Fig 105

Diagram showing streams in adjacent valleys, undercutting the divide between them. They may, in time, destroy the divide by lateral planation

समपृष्ठ घाटी (Valley flats) जैसा पहले ही ध्वनित (implied) हो चुका है कि अपने जलमार्गों को नीचे निम्न-प्रवणता (low gradient) तक काट चुकने के पश्चात् नदियाँ अपनी घाटियो के तलो में सपाट

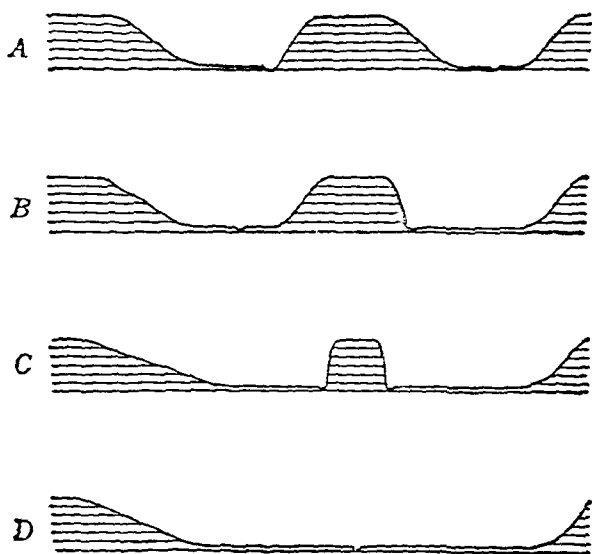



Fig. 106

Diagram to show the divide between streams may be done away with by lateral planation. In *A* the stream at the left is represented as undercutting the divide between the two valleys. Later, by shifting of its channel, the stream in the other valley might undercut the other slope of the divide, as shown in *B* In *C* both streams are represented as undercutting the divide between them, and in *D* the divide has been done away with.

(flats) अथवा **बाढ़-मैदान** (flood plains) विकसित करती है। ये मैदान सदैव उस तल के स्तर से नीचे होते है जिसमे कि घाटी स्थित होती है। जैसे, मिसीसिपी नदी मे डुबुक (Dubuque) क्षेत्र मे एक मैदान है जो दो और तीन किलोमीटर के मध्य चौड़ा है, अपने पास-पड़ोस से लगभग ९० मीटर (३०० फुट) नीचा है, और समुद्र-तल से लगभग १८० मीटर (६०० फुट) ऊँचा है। सेट लुई (St. Louis) के समीप

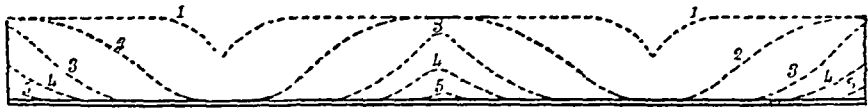



Fig. 107

Diagram to illustrate the leveling of the surface by valley erosion. The ground profile represented at the top shows two young valleys, 1 and 1, in an otherwise flat surface. In time these valleys will develop the cross-sections represented by 2, 2, and later those represented by 3, 3, 4, 4, etc. The divide between them may finally reach 5, when the surface is nearly flat.

का सपाट (flat) १६ किलोमीटर (१० मील) चौड़ा है, लगभग ४५ मीटर (१५० फुट) पास-पड़ोस से नीचा है, और लगभग ५५ किलोमीटर (४०० फुट) चौडा है, तथा समुद्र-तल से केवल ६७ मीटर ऊँचा है। विक्सवर्ग (Vicksburg) मे इसकी समान चौड़ाई है और समुद्र-तल से ऊँचाई केवल २७ मीटर (९० फुट) है। यद्यपि अनुस्रोत (down-stream) की ओर के वाढ के मैदान की वढती हुई चौडाई सामान्यत. घाटियो की विशेपता है, तो भी यह नही समझ लेना चाहिए कि चौड़ाई की वृद्धि एकसी (uniform) है। संकीर्णतर भाग (जैसे, जहाँ शिला अधिक प्रतिरोधी है) और दीर्घतर भाग (जहाँ शिला कम प्रतिरोधी है) एक दूसरे के वाद आ सकते हैं।

पूर्व-निर्धारित एक सामान्य अनुमान के साथ इन तथ्यो को मिलाते हुए, हम कह सकते है कि (१) नदियाँ निरन्तर स्थल के पदार्थ को समुद्र मे पहुँचाने का प्रयत्न करती रहती हैं, (२) उपर्युक्त उद्देश्य की प्राप्ति के लिए जिस तल में घाटी स्थित है उसके सामान्य स्तर से नीचे वे सपाट मैदान विकसित करती है; और (३) साधारणतया ये सपाट मैदान समुद्र के समीप अधिक चौडे और अधिक नीचे होते है और समुद्र से दूर अधिक सँकरे और अधिक ऊँचे रहते है। **पट्ट ८** से **१०** तक और **चित्र १०८** और **१०९** विभिन्न प्रकार के प्रदेशो में घाटी के सपाट को प्रकट करते है।

अधिकाश समपृष्ठ घाटियाँ (valley flats) मुख्य रूप मे नदियो के मन्द पड़ जाने के पश्चात् उनके द्वारा पार्श्वो (sides) के कटने से विकसित होती है (**पट्ट ८**)। जो नदियाँ समपृष्ठ घाटियो मे होकर वहती है वे सामान्यतया विसर्पण (meander) करती है अर्थात् उनके मार्ग वहुत टेढ़े-मेढ़े (winding) होते है (**पट्ट ९, १० और ११**)।

समपृष्ठ घाटी (flat valleys) किसी **चरम-स्तर** (base-level) **का आरम्भ**

होती है, यद्यपि नदी द्वारा विकसित प्रथम समपृष्ठ साधारणतया वह निम्नतम स्तर नही होता जहाँ तक कि नदी अपनी घाटी की तलैटी को ला सकती है। यह वह

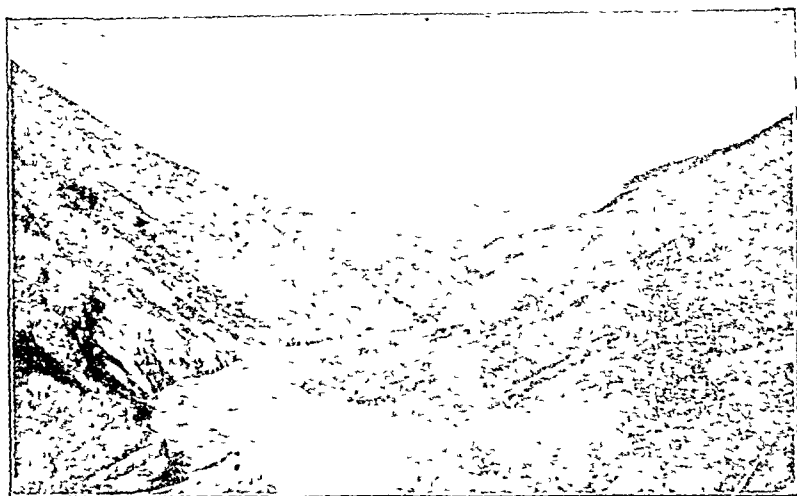



Fig. 108
A valley flat in an early stage of development. Monte Cristo Creek Alaska (*U. S. Geological Survey*)

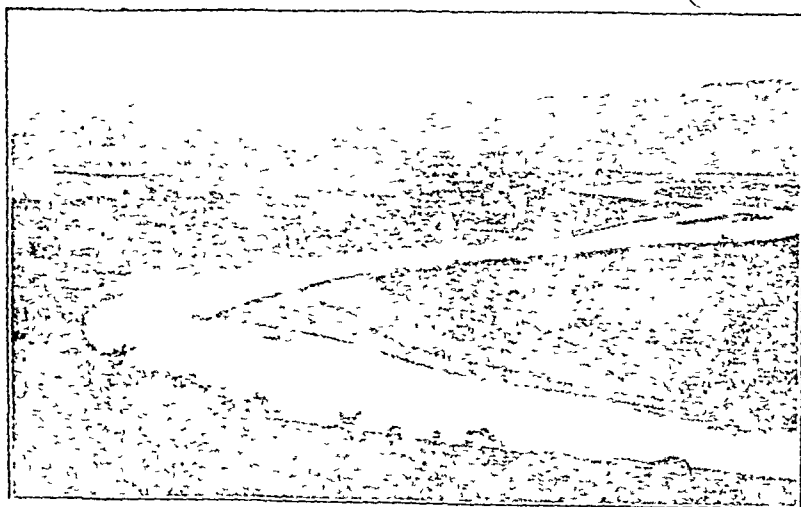



Fig 109
A wide valley flat Milk River near Pendant d'Oreille, Canada. (*U S. Geological Survey*)

निम्नतम स्तर है जिस तक नदी अपनी घाटी को उन परिस्थितियो में ला सकती है जो उस समय वर्तमान रहती है जबकि समपृष्ठ विकसित होता है। यदि यह

समपृष्ठ बहुत चौडा हो जाता है तो यह **एक अस्थायी चरम-स्तर** है, और एक सीमा का कार्य करता है जिसके नीचे सहायक नदियाँ न काट सकें। बाद मे, परिवर्तित परिस्थितियो में, नदी अपने जलमार्ग को अपने प्रथम समपृष्ठ से नीचे काट ले जा सकती है, और जब एक मुख्य नदी द्वारा ऐसा किया जाता है तो उसकी समस्त सहायक नदियाँ ऐसा कर सकती है।

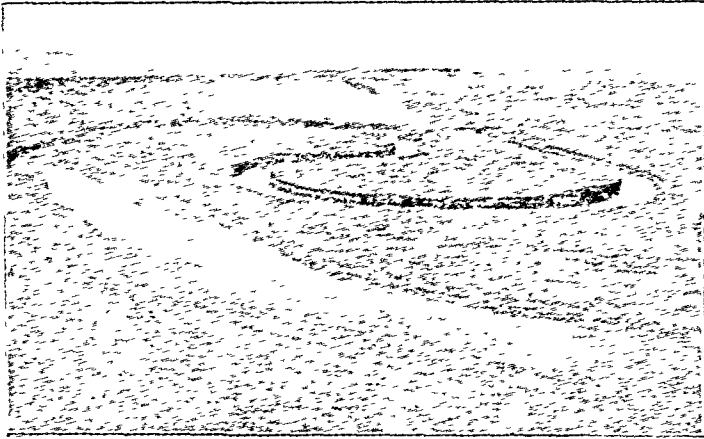



Fig. 110
Trout Creek, Yellowstone Park. (*U. S. Geological Survey*)

घाटियों को लम्बा करना (Lengthening of valleys)—विभिन्न प्रकार से घाटियाँ लम्बी भी बनती है। एक प्रकार का उदाहरण उन जलदरियो (gullies) द्वारा प्राप्त होता है जो भारी वर्षा के समय पहाड़ी भागो में बन जाती हैं। एक महावृष्टि मे निर्मित जलदरी दूसरी वृष्टि मे अपने ऊपरी सिरे (अभिशीर्ष—

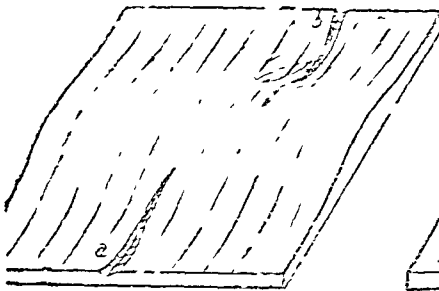
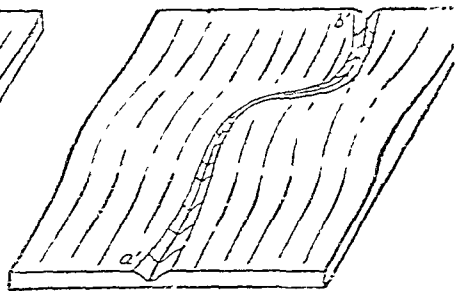



Fig. 111 Fig. 112

Fig. 111. Two young valleys heading toward each other.
Fig. 112. Valleys of Fig. 111 developed headward until their respective heads heave met and the divide has been lowered a little at the point of meeting.

headward) पर उस जल द्वारा, जो उसके शीर्ष पर बहकर आता है, लम्बी बन जाती है। लम्बी बनने की विधि कभी-कभी एक ही महावृष्टि की प्रगति की अवधि में भी देखी जा सकती है। अनेक घाटियों के शीर्ष उपघाटियों अथवा जलदरियों की

विशेषताएँ रखते हैं। वास्तव में घाटियाँ कुछ दशाओं में उन विकसित उपघाटियों से अधिक नहीं हैं जो पहाड़ी जलधारियों की भाँति अब भी अपने शीर्ष को आन्तरस्थल (inland) में बढ़ाती जा रही हैं।

जब तक एक **स्थायी विभाजक** (permanent divide) स्थापित नहीं होता है, इस पद्धति द्वारा घाटी का शीर्ष आगे की ओर बढ़ता जा सकता है। जैसे, चित्र १११ में a और b घाटियों के शीर्ष उच्च भूमि में दूर तक पीछे बढ़ सकते हैं, किन्तु जब घाटियों के शीर्ष चित्र ११२ में दिखाये गये बिन्दुओं तक पहुँचते हैं, तो उनमें से कोई भी और आगे नहीं बढ़ सकता, **शर्त केवल यह है कि विभाजक के दोनों ओर अपक्षरण की गतियाँ (rates) समान हों।** तब विभाजक स्थायी हो जाता है, क्योंकि, यद्यपि लगातार वृष्टि उसे नीचा कर सकती है, वह अपनी स्थिति का स्थानान्तरण नहीं कर सकता है (चित्र ११३)।

यह नहीं समझना चाहिए कि सभी घाटियाँ अपने शीर्षों पर इस प्रकार से लम्बी बनायी जा रही हैं; जैसे सेंट लारेन्स (St. Lawrence) नदी का शीर्ष ओन्टारियो झील (Lake Ontario) के पाद (foot) में है और यह तब तक वहीं रहेगा जब तक कि झील का किनारा वहीं रहे जहाँ कि वह अब स्थित है।

Fig. 113
Diagram to illustrate the lowering of a divide without shifting it. The crest of the divide is at *a*, *b*, and *c* successively. If the erosion was unequal on the two sides, the divide would be shifted.

अपनी लम्बाई के बढ़ाव-क्रम में एक घाटी का शीर्ष दूसरी घाटी में पहुँच सकता है और तब दोनों मिलकर एक हो जाती हैं। यह चित्र ११४ में निर्दर्शित किया गया है। कुछ नदियाँ अपने निम्नतर शीर्षों (lower ends) पर लम्बी बनती

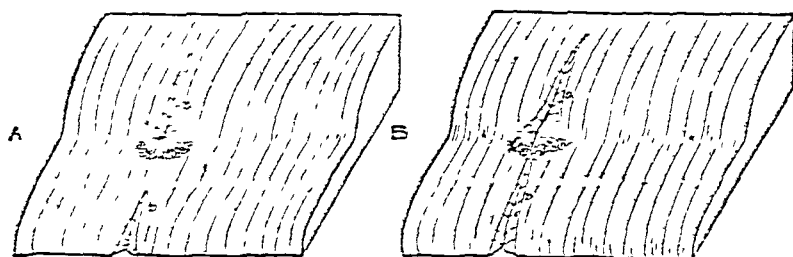



Fig. 114
Diagram to illustrate one mode of valley lengthening. In *A* there are two small valleys, *a* and *b*, and the former ends at the base of the steep slope. In *B* the valley *b* is represented as having been lengthened so as to join *a*, and the two have become one.

है। ऐसा वहाँ पर होता है जहाँ नदियों द्वारा अपने निम्नतर शीर्षों पर जमाया हुआ तलछट समुद्र के भीतर स्थल भाग निर्मित कर देता है। फिर नदियाँ उस नवनिर्मित

भूमि के मध्य मे रास्ता बना लेती हैं। ऐसे स्थलो के मध्य नदियाँ जलमार्ग बनाती हैं, किन्तु अधिक गहरी घाटियाँ कभी नही बनाती। इन प्रकारों के अतिरिक्त घाटियो के लम्बे होने के अन्य प्रकार भी होते हैं किन्तु उनका विचार यहाँ पर नहीं किया जाएगा।

सारांश—सभी घाटियाँ निरन्तर अपने मार्ग के कम से कम किसी एक भाग में अधिक गहरी और चौडी बनायी जाती रहती है, और कुछ घाटियाँ अधिक लम्बी होती जा रही है। सभी नदियाँ देर-सवेर अपनी घाटियों में समपृष्ठ (flats) विकसित करती हैं, और ये समपृष्ठ चौड़ाई में तब तक बढ़ सकते है जब तक कि उनके बीच के विभाजक (divides) घिस न जाएँ। जहाँ नदियों के बीच के विभाजक नदियों के पार्श्विक समकरण (lateral planation) द्वारा घिस नहीं जाते, वहाँ वे इतने नीचे हो जाते हैं कि वे नगण्य बन सकते हैं। किसी भी स्थिति में प्रभावित क्षेत्र एक ऐसे निम्न स्तर पर, जिस तक कि बहता हुआ पानी उसे काट सकता है, प्रायः एक समपृष्ठ मैदान बन जाता है। तब स्थल का चरम-स्तर प्राप्त हो जाता है।

नदी-तन्त्र का इतिहास (The History of a River-System)

चूँकि घाटियाँ प्रतिवर्ष अधिक गहरी, अधिक चौड़ी और अधिक लम्बी होती रहती है, अत वे आज की अपेक्षा पहले अवश्य छोटी रही होंगी। यदि हम कल्पना द्वारा उनके इतिहास के अतीत काल की ओर अनुमार्गण (trace—पता) करें, तो हम एक ऐसे समय की कल्पना कर सकते है जबकि आधुनिक बड़ी घाटियाँ (large valleys) छोटी थीं, जबकि छोटी घाटियाँ (small valleys) केवल उपघाटियाँ (ravines) थीं, जबकि उपघाटियाँ केवल जलदरियाँ (gullies) थी, और जबकि आधुनिक जलदरियाँ विद्यमान भी न थीं। अथवा और सुदूर अतीत की ओर जाकर हम एक ऐसे समय की कल्पना कर सकते है, जबकि बड़ी घाटियाँ केवल आरम्भ ही हो रही थीं।

घाटी की उत्पत्ति और विकास की एक प्रमुख विधि एक जलदरी के विकास द्वारा निर्दशित होती है। वर्षा का जो जल तल पर गिरता है वह स्वभावत. उन गड्ढो मे इकट्ठा होता है जो विद्यमान होते है और उनमे से होता हुआ ढाल के नीचे की ओर बहता है। गड्ढों में इकट्ठा हुआ जल, उस जल की अपेक्षा जो इस प्रकार इकट्ठा नही होता है, अधिक तीव्रता से बहता है, और अन्य स्थानों की अपेक्षा वह वहाँ पर तल को काट देता है और एक जलदरी को आरम्भ कर देता है। एक वर्षा के समय मे आरम्भ हुई जलदरी दूसरी वर्षा द्वारा अधिक गहरी, चौडी और लम्बी बना दी जाती है। प्रतिवर्ष बारम्बार वर्षा और हिम के पिघलने के फलस्वरूप, जलदरी एक उपघाटी मे परिवर्तित हो सकती है और कुछ काल के उपरान्त, उन्ही विधियो द्वारा, उपघाटी एक घाटी में बदल सकती है। एक पहाडी जलदरी आकार के अतिरिक्त वस्तुत: एक नदी-घाटी के ही समान होती है और अनेक घाटियाँ केवल विस्तृत हुई जलदरियाँ ही है।

परन्तु सभी जलदरियाँ घाटियाँ नहीं हो जाती है,-और न सभी घाटियाँ

कम कठोर हो तो जलदरी का शीर्ष उस पदार्थ को पहले काटेगा जो अधिकतम सरलता से कट सकता है, चाहे उस ओर से आते हुए जल की मात्रा अन्य ओर से बहकर आते हुए जल की मात्रा से कम ही क्यो न हो। अतः ढाल अथवा पदार्थ की विषमता जलदरी के शीर्ष को कभी एक दिशा मे और कभी दूसरी दिशा मे घूम जाने के लिए वाध्य कर देती है, और जिस ओर जलदरी का शीर्ष जाता है उसी ओर इसमे विकसित होने वाली घाटी, यदि जलदरी घाटी का रूप धारण करती है, उसका अनुसरण करती है। अनेक घाटियो का टेढामेढापन इस प्रकार समझ मे आ जाता है।

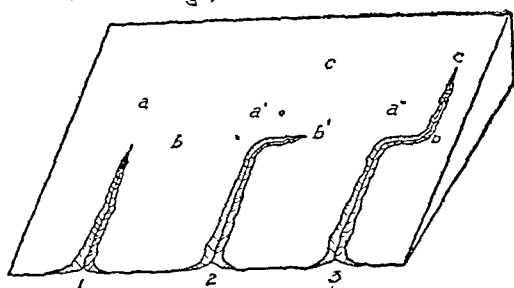



Fig 118

Diagram to illustrate the direction of lengthening of a valley. At 1 the valley is straight If at this stage more water comes in from the direction *b* than from the direction *a*, the wear is greater toward *b* than toward *a*, and the head turns as shown in 2. If at this stage more water comes in from the direction *c* than from any other direction, the head turns in this direction, as shown in 3.

स्थायी धारा (The permanent stream)—किसी जलदरी मे सामान्यतया पानी केवल उसी समय वहता है जवकि वृष्टि होती है अथवा हिम पिघलती है, और उसके वाद वह थोडे समय तक वहता है। परन्तु अनेक घाटियाँ जलदरियो से विकसित हुई है और कभी न कभी अधिकाश घाटियो मे स्थायी नदियाँ भी वन जाती है। (अव प्रश्न यह है कि) इस स्थायी नदी के लिए पानी कहाँ से आता है?

इस प्रश्न के उत्तर का अनुमान सरलता से किया जा सकता है। जव कोई घाटी इतनी गहरी वन जाती है कि उसका तल भूमिगत-जल के स्तर से पर्याप्त नीचा हो जाए तो भूमिगत-जल घाटी मे आस्रवन (seeps—रिस-रिस कर आते रहना) करता है अथवा वह कर वाहर आ जाता है, और एक वार जव वह पर्याप्त मात्रा मे घाटी मे आ जाता है तो वह एक धारा वन जाता है (चित्र ११९)। चित्र ११९ के १ मे जिस घाटी का अनुप्रस्थ-काट

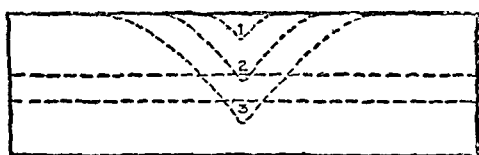



Fig 119

Diagram showing ground-water surface *a* the ground-water surface at ordinary times, and *b* in times of drought When a valley has been cut below *a* there will be a stream in wet weather, but it will go dry in time of drought When the valley is down to 3 below the ground-water surface of dry weather the stream will be permanent

(cross-section) दिखाया गया है उसमें कोई नदी नही होगी; २ द्वारा जिस घाटी का अनुप्रस्थ-काट निर्दर्शित है उसमे आर्द्र ऋतु में नदी होगी जबकि भूमिगत-जल का स्तर a पर है; परन्तु ३ की घाटी मे स्थायी नदी होगी क्योकि यह भूमिगत-जल के शुष्ककालीन स्तर b से अच्छी तरह से नीचे है। उन प्रदेशों मे जहां भूमिगत-जल का तल गहरा होता है, लघु सरिता को धारण करने के लिए घाटी गहरी होनी चाहिए। उन क्षेत्रो की उथली घाटियो तक मे भी स्थायी लघु सरिताएँ हो सकती है जहां पर भूमिगत-जल का तल स्थल-तल के समीप होता है।

वे लघु सरिताएँ जिनको उन झीलो और लघु सरिताओं से जल प्राप्त होता है जिनके स्रोत ऐसे शीन एवं हिम क्षेत्रो में होते है जो वर्ष-प्रतिवर्ष बनी रहती है, स्पष्ट रूप से भूमिगत-जल पर निर्भर नही रहा करती है; किन्तु फिर भी यह सत्य है कि अनेक लघु सरिताओं को भूमिगत-जल भी प्राप्त हुआ करता है।

सभी घाटियाँ सयानी नालियाँ (पूर्ण विकसित अवनालिकाएँ) नहीं होतीं (Not all valleys are grown-up gullies)—सभी घाटियो का निर्माण अवनालिकाओ के विकास के कारण नही हुआ करता है। उदाहरण के लिए, उत्तरी अमरीका के उत्तरी भाग का एक बडा क्षेत्रफल प्राचीनकाल मे शीन एव हिम की चादरों से ढका हुआ था। जब यह हिम अन्त मे पूर्णरूप से पिघल गयी तो धरातल के बड़े भागों में ऐसी घाटियाँ बन गयी जिनकी कोई निश्चित परिभाषा नही की जा सकती थी। इन घाटियो मे झीलो की सख्या अनगिनत थी। वर्षा के कारण इनमे से अनेक झीले पानी से लबालब भर गयी और जल किनारो को तोड़कर बाहर की ओर को बहने लगा। जब किसी झील का जल किनारो से बाहर की ओर चलता है तो वह निचली सतह की ओर तब तक बहता रहता हे जब तक कि उसको ढलान मिलता रहता है। इस अवस्था मे, दौडता हुआ जल अपने समस्त मार्ग मे झील से लेकर धारा के अन्त तक घाटियाँ काटता जाता हे। ऐसी घाटी का कोई भी भाग एक दूसरे भाग से अधिक पुराना नही होता है। इस प्रकार से विकसित घाटियो मे आरम्भ मे स्थायी धाराएं हो सकती है क्योकि वे भूमिगत-जल पर निर्भर नही होती है। इस प्रकार से विकसित घाटी के मार्ग का निश्चय घाटी के शीर्ष की उत्पत्ति के ओर की दिशा पर आधारित नही होता है बल्कि उस दिशा पर निर्भर होता है कि पानी ने आरम्भ मे कौनसी दिशा ग्रहण की थी। दूसरे शब्दो मे, यह मार्ग सर्वाधिक नीचे उतरते हुए ढाल पर निर्भर होता है।

सहायक नदियो का विकास (Growth of tributaries)—अधिकाश घाटियो मे अनेक छोटी-छोटी सहायक नदिया आकर मिल जाती है। इसका कारण एक जलदरी (gully—नाली) के अध्ययन से समझा जा सकता है। यदि किसी जलदरी के सभी ढाल सभी स्थानो पर एक ही गति से घिस जाएं तो सहायक घाटियां न बनें; परन्तु किनारे समान रूप से कदाचित् ही, अथवा कभी नही, कट पाते है।

ऐसा होता है कि या तो पदार्थ कुछ स्थानो पर अन्यो की अपेक्षा अधिक मुलायम होता है अथवा ढाल से नीचे बहता हुआ जल कुछ रेखाओ के पास अन्यों की अपेक्षा अधिक एकत्रित हो जाता है। दोनों ही परिस्थितियो मे किनारे के ढालों का अपक्षरण (erosion) कुछ रेखाओ के पास अन्यो की अपेक्षा अधिक होता है, और जहाँ किसी मुख्य जलदरी के ढाल पर अपक्षरण समीपवर्ती खण्डो की अपेक्षा अधिक होता है, वहाँ एक सहायक जलदरी आरम्भ हो जाती है (चित्र १२०)। इन सहायक जलदरियाँ उसी प्रकार और उसी कारण से विकसित होती हैं जैसे कि बड़ी जलदरियाँ जिनसे कि वे बढती हैं। सहायक जलदरी मुख्य जलदरी की ही भाँति लम्बाई, चौडाई और गहराई मे बढती है और कुछ समय के पश्चात् यह एक घाटी बन सकती है और एक स्थायी नदी का रूप ग्रहण कर सकती है। क्रमानुसार इन सहायकों की भी सहायके यहाँ तक विकसित हो जाती है कि जलमार्गों का एक जाल तल को प्रभावित कर देता है। चित्र १२१ और १२२ तलो की इस स्थिति को प्रदर्शित करते है। किसी झील के बाहरी बहाव से उत्पन्न घाटी की सहायक घाटियो का विकास उसी प्रकार से होता है जैसे कि जलदरी से उत्पन्न घाटी की सहायकों का होता है। इस प्रकार की घाटी अन्य झीलो के जल के भीतरी प्रवाह द्वारा भी सहायकों को प्राप्त कर सकती है।

Fig 120
Diagram showing tributaries in an early stage of development.

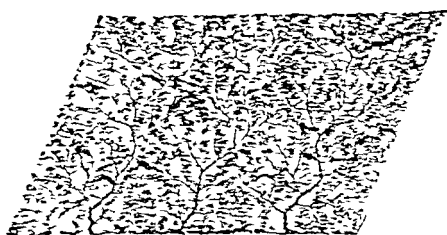



Fig. 121
Diagrammatic representation of a surface much dissected by the development of numerous tributaries.

कोई घाटी और उसकी सहायक घाटियाँ एक घाटी-तन्त्र (valley-system) का निर्माण करती है। एक नदी और उसकी सहायक नदियाँ मिलकर जल के निकास का माध्यम बनती है और एक घाटी-तन्त्र के मध्य एक नदी-तन्त्र (river-system) द्वारा बहाये गये जल के क्षेत्र को एक **अपवाह-द्रोणी** (drainage basin) कहते है। जिन परिस्थितियों मे एक घाटी-तन्त्र विकसित होता है उनके कारण अनेक अपवाह-द्रोणियो की रूप-रेखा एक अनियमित नागपाती के आकार की हो जाती है (**चित्र १२३**)।

एक घाटी के इतिहास की अवस्थाएँ (Stages in the history of a valley)—हमने देखा कि घाटियाँ जितनी ही पुरानी होती जाती हैं उतनी ही वे सामान्यत बड़ती भी जाती हैं। एक युवा (नई) घाटी कम चौड़ी होती है और

उसके ढाल सीधे होते है। यदि स्थल ऊँचा होता है तो ढाल-प्रवणता (slope gradient) उच्च होती है (जब तक समुद्र से बहुत दूर न हो) और घाटी शीघ्र ही गहरी हो जाती है। तब इसकी अनुप्रस्थ-काट (cross-section) कुछ-कुछ V के

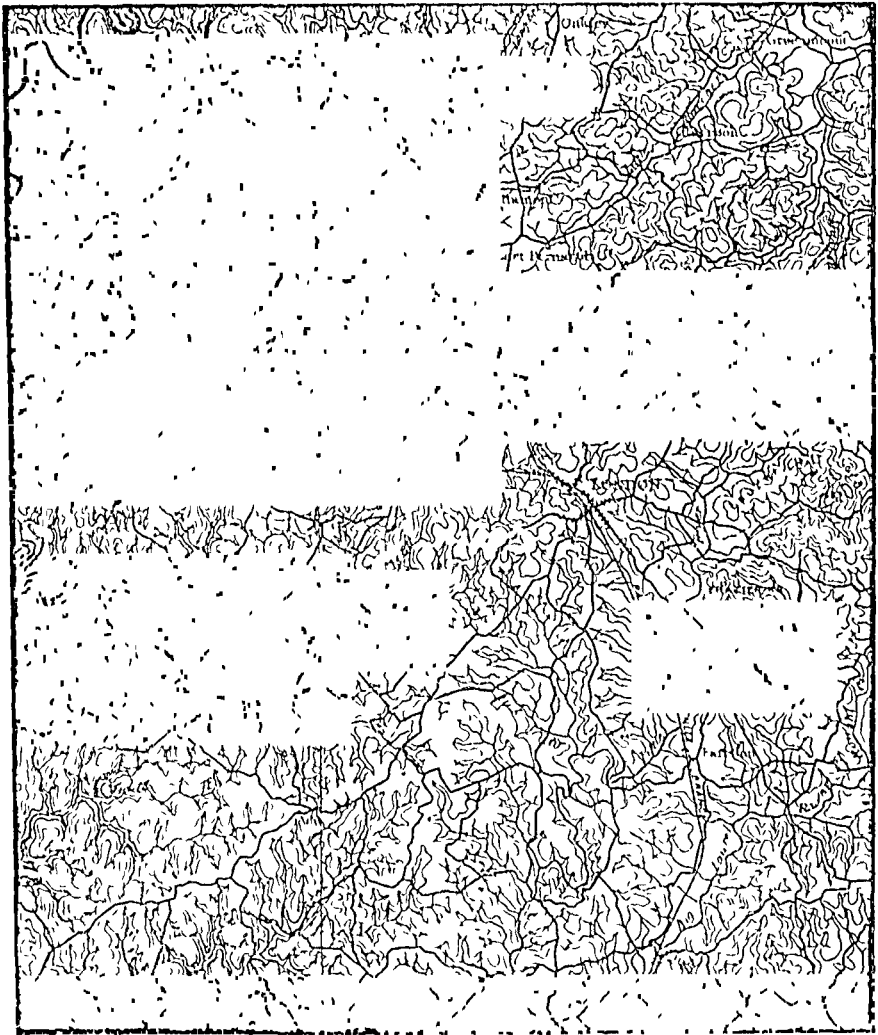



Fig. 122
Contour map of the area shown in Fig. 90, representing the same type of surface shown in Fig 121.

आकार का होती है (चित्र १२४) और इसकी सहायक नदिया छोटी होती है। प्रौढ घाटी (mature valley) अधिक चौडी होती है (चित्र १२५), साधारणतया इसके ढाल सरल होते हैं और इसकी सहायके अधिक लम्बी और अधिक पुरानी होती हे। एक वृद्ध घाटी (old valley) चौडी होती है; उसका समतल मैदान अथवा बाढ़ मैदान चौड़ा होता है तथा ढाल भी अधिक होता है।

एक सरिता भी, अपनी घाटी के ही समान, बाल्यावस्था से प्रौढावस्था और प्रौढावस्था से वृद्धावस्था को प्राप्त करती है। अपनी बाल्यावस्था मे जब तक कि वह निचली भूमि मे होकर न बहे तो उसके तीव्र और वेगवती होने की सम्भावना होती है। प्रौढावस्था मे वह अपने प्रवाह मे बहुत अधिक स्थिर रहती है, और जब वह वृद्धावस्था को प्राप्त होती है तो वह अपने विस्तृत मैदान मे टेढ़ी-मेढी चाल से चलती है। किन्तु बाढ़ के समय एक वृद्ध सरिता भी एक बाल सरिता की-सी शक्ति धारण कर सकती है।

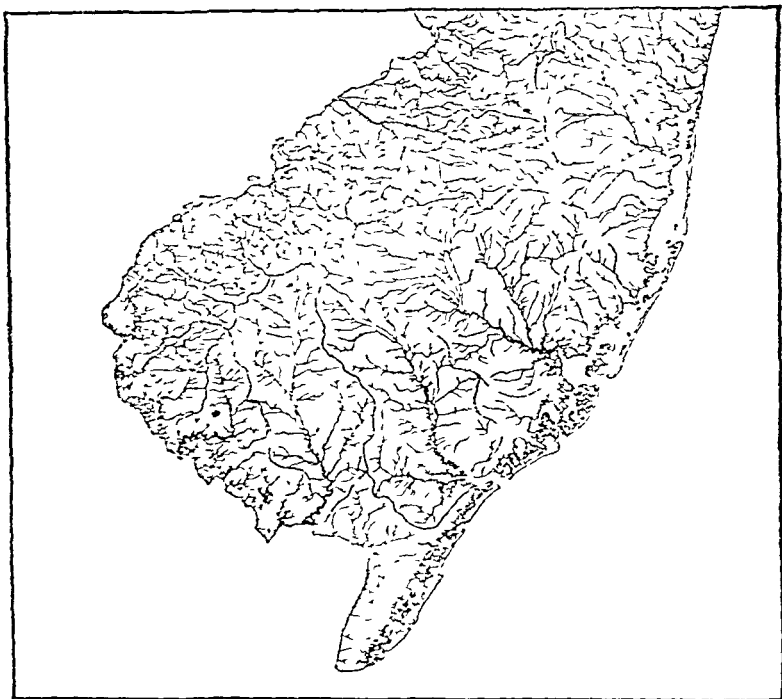



Fig. 123
Map of the principal streams of southern New Jersey, and outlines of their basins, shown in dotted lines.

नदी-तन्त्रो के लिए भी बाल, प्रौढ और वृद्ध शब्दो का प्रयोग किया जाता है। प्रत्येक नदी-तन्त्र अपक्षयण (weathering) की सहायता से अपनी अपवाह-द्रोणी (basin) से उस समस्त स्थल को जो समुद्र-तल से ऊँचा है, समुद्र मे बहा ले जाने का कार्य आरम्भ कर चुका है। जब तक नदी-तन्त्र के सम्मुख अपने इस कार्य का बड़ा भाग उपस्थित रहता है, जब तक वह बाल्यकाल मे ही गिनी जाती है (पट्ट १२ का चित्र १)। बाल्यकाल मे द्रोणी की भूमि जल का निष्कासन भलीभाँति नही कर पाती और उसमे अनेक झीले और तालाब उत्पन्न हो सकते है (पट्ट ३)। जब मुख्य घाटियाँ चौडी और गहरी हो जाती हैं और उच्च भूमि के क्षेत्र घाटियों

Fig. 124
A Young V-shaped valley, the Stehekin River. Wash. (*U. S. Geological Survey*)

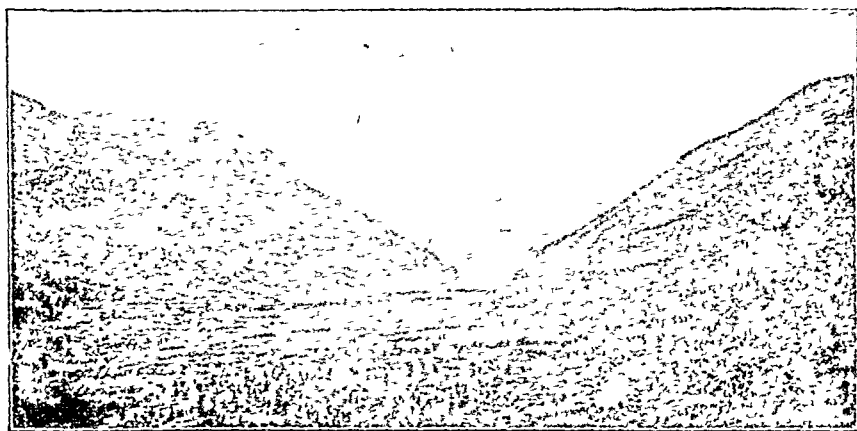



Fig 125
A valley much older than that shown in Fig 124, Gray Copper Gulch, southwestern Colorado (*U. S. Geological Survey*)

द्वारा अच्छी तरह से कट चुकते है तो नदी-तन्त्र की प्रौढावस्था कही जाती है (**पट्ट १२ का चित्र २**)। इस समय स्थल जल को बाहर की ओर भेजने मे पूर्ण समर्थ होता है। जब द्रोणी को चरम-स्तर तक पहुँचा देने का कार्य प्राय समाप्त-सा ही हो जाता है तो नदी-तन्त्र वृद्धावस्था को प्राप्त कर चुकता है (**पट्ट ६ का चित्र ३**)। किसी अपवाह-तन्त्र (drainage system) की मुख्य धारा अपनी सहायको की अपेक्षा प्रौढता और वृद्धावस्था की विशेपताएँ अधिक शीघ्रता से धारण कर लेती है। यह क्रिया ऊपरी प्रवाह की अपेक्षा निचले प्रवाह मे अधिक शीघ्रता से होती है।

किसी जल के निकास की द्रोणी (dıainage basin) की स्थलाकृति (topography) अपने नदी-तन्त्र के बाल्यकाल के समय युवा, प्रौढता के साथ प्रौढ, और जल के निकास की वृद्धता के साथ ही वृद्ध होती है। बाल्यकालीन स्थलाकृति के क्षेत्र मे तल का पर्याप्त भाग इस अवस्था तक अपक्षरण (erosıon) द्वारा अधिक प्रभावित नही रहता है (**पट्ट ७ का चित्र १**), प्रौढ स्थलाकृति के क्षेत्र मे तल का अधिक भाग अपक्षरण द्वारा ढालो मे परिवर्तित हो चुकता है (**पट्ट ७ का चित्र २**); और वृद्ध स्थलाकृति के क्षेत्र वे होते है जो अपक्षरण द्वारा एक सामान्य एव सपाट मैदान के तल पर आ चुके होते है (**पट्ट ६ का चित्र ३**)। किसी जल के निकास की द्रोणी के कुछ भाग, विशेषकर वे भाग जो मुख्य सरिता के निकट होते है, वृद्धावस्था की विशेपताओ को ग्रहण कर सकते है। इसके विपरीत वे अन्य भाग जो मुख्य धारा से दूर पर होते है, प्रौढता अथवा बाल्यावस्था से भी आगे नही बढ पाते है।

मानचित्र-कार्य—स्थलाकृतिक मानचित्रो की व्याख्या मे अध्याय ५ और ६ को देखिए।

अपक्षरण-चक्र (Cycle of erosıon)—किसी जल के निकास की द्रोणी अथवा अपवाह द्रोणी (draınage basın) के सम्पूर्ण भाग मे एक चरम-स्तर (base-level) के विकास के लिए जितना समय लगता है उसको **अपक्षरण-चक्र** कहते है। समय की यह अवधि पर्याप्त लम्बी होती है। जब तक स्थल ऊँचा रहता है और धाराएँ तीव्र होती है, अपक्षरण शीघ्रता से होता है, किन्तु ज्यो-ज्यो स्थल चरम-स्तर के समीप पहुँचता जाता है, अपक्षरण की क्रियाएँ घटती चली जाती है। अत चरम-स्तर की प्राप्ति की विधि का अन्तिम भाग मन्दतम होता है।

प्रायसम भूमि (Peneplaıns)—यह सदिग्ध है कि क्या कोई विस्तृत स्थलखण्ड कभी भी पूर्णत चरम-स्तर तक घिसा है, किन्तु कुछ बडे क्षेत्र लगभग इस स्तर तक घिस चुके है। ऐसी स्थितियो मे घाटियो के बीच मे नीची पहाड़ियाँ अथवा कटक (ridge) बच रहते है, और शिलाओ की कठोर राशि परिभ्रशन (degradation) के मैदान के सामान्य स्तर से अचानक ऊँची उठ सकती है। इस दशा मे कोई प्रदेश एक प्रायसम भूमि (एक लगभग मैदान) कहलाता है (**चित्र १२६**)। इसका तल ऐसा होता है जो लगभग, किन्तु पूर्णत. नही, चरम-स्तर तक लाया जा चुका होता है। यदि कम विस्तार की उल्लेखनीय ऊँचाइयाँ (टीले) इसके तल से ऊपर

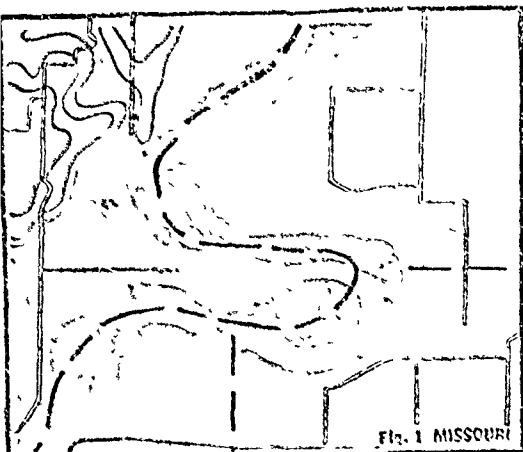



FIG. 1.—A meandering stream. The Missouri River. Scale 2—miles per inch. Contour interval 50 feet. (Marshall, Mo, Sheet U. S. Geol. Surv)

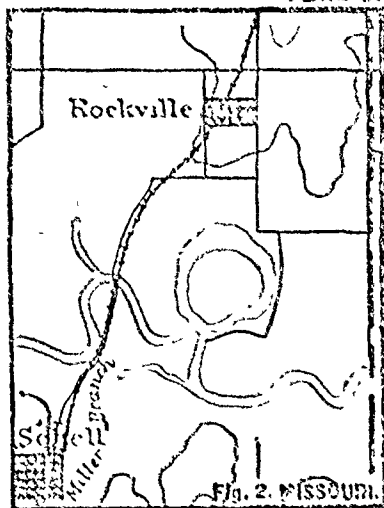



FIG. 2 —A further stage in the development of a meander. The Schell River, Missouri. Scale 2—miles per inch. Contour interval 50 feet. (Butler, Mo., Sheet. U. S. Geol, Surv.)

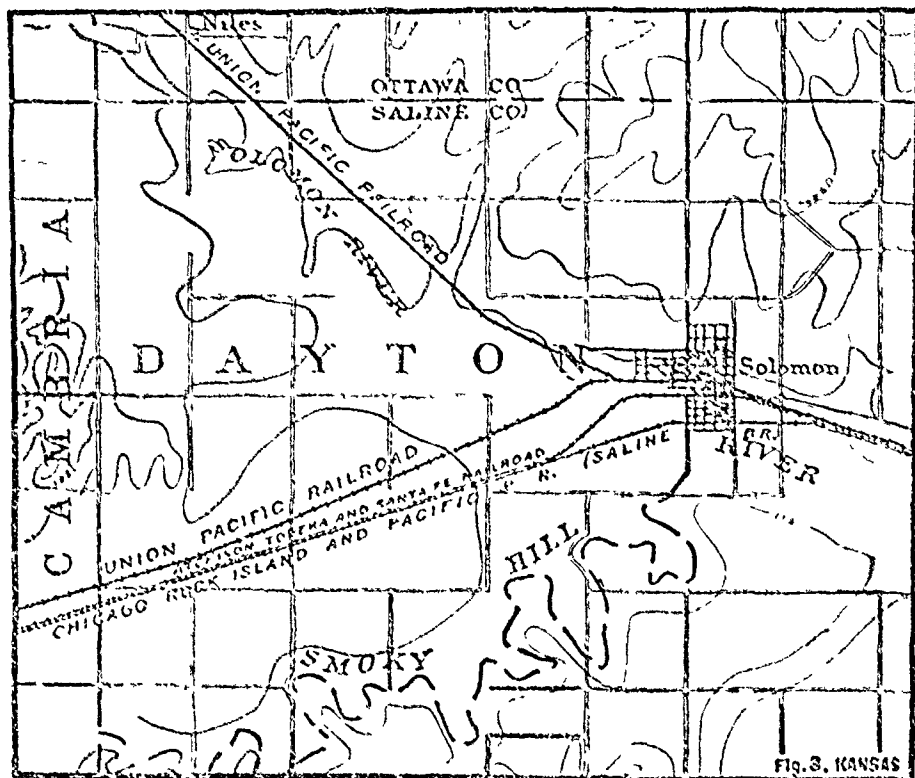



FIG. 3 —A plain in old age. Scale 2—miles per inch Contour interval 50 feet. (Abilene, Kan, Sheet, Geol. Surv.)

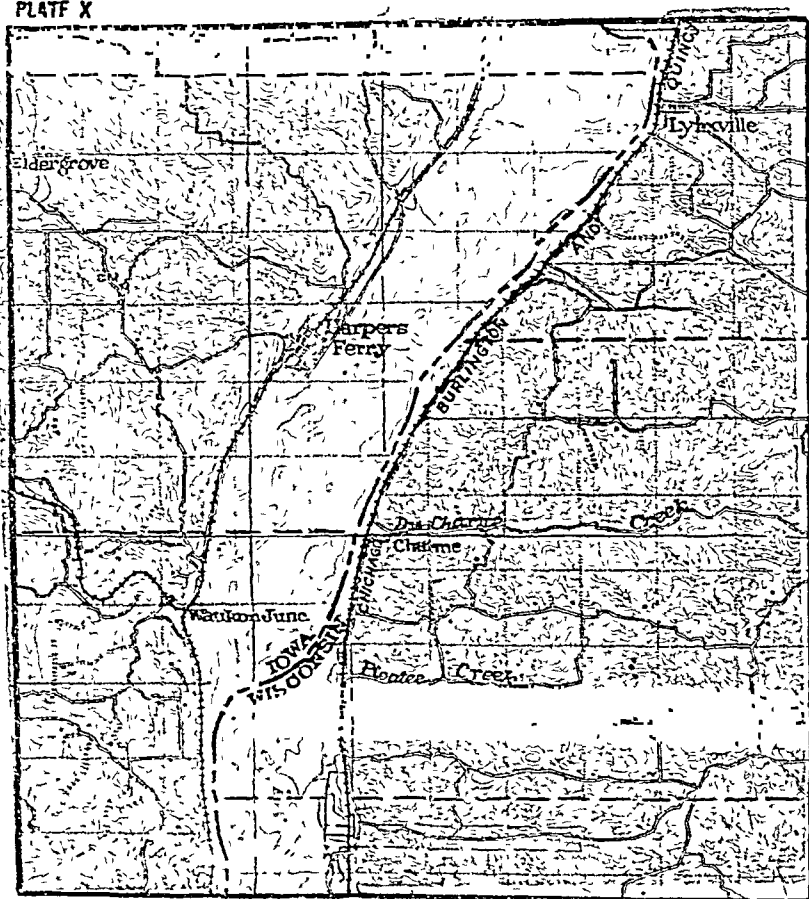
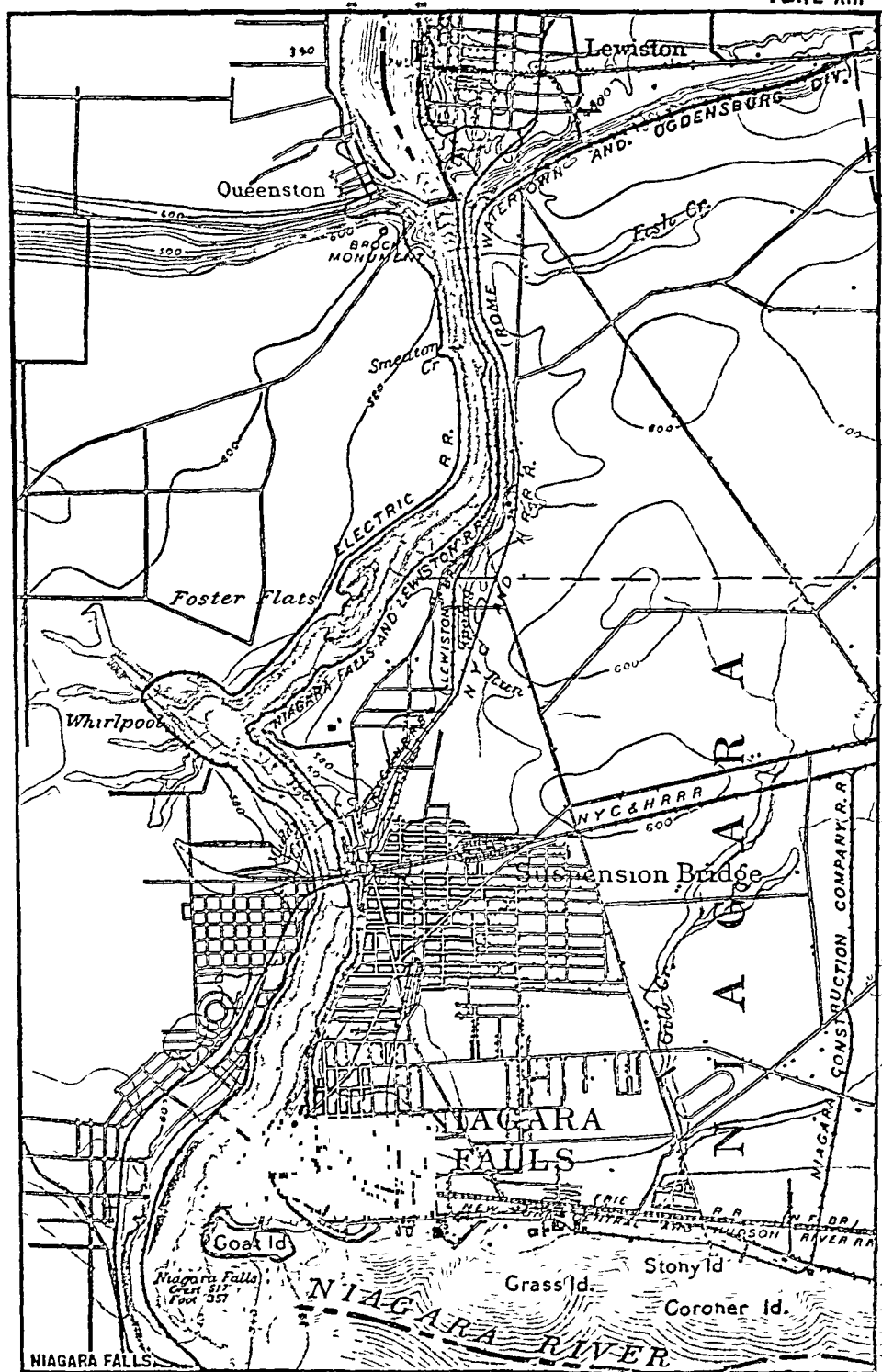
PLATE X

A well-developed river flat. Valley of the Mississippi, near Prairie du Chien, Wis. Scale 2—Miles per inch. Contour interval 20 feet. (Waukon, Ia.—Wis, Sheet, U. S Geol Surv.)

The Niagara Gorge. Scale 1-mile per inch Contour interval 20 feet
(Niagara Falls Sheet, U. S. Geol. Surv.)

PLATE XIV

Entrenched meanders Scale 1-mile per inch. Contour interval 20 feet.
(Harrisburg, Pa., Sheet, U. S. Geol. Surv.)

शेप रह जाती है तो उन्हे **अवशिष्ट शैल** (monadnocks) कहते है। यह नाम सयुक्त राज्य अमरीका के न्यू हैम्पशायर प्रदेश मे माउण्ट मोनाडनक से लिया गया था क्योकि यह पर्वत इसी प्रकार से बना था।

स्थल परिभ्रंशन की गति (Rate of Land Degradation)

चूंकि सभी स्थल बहते हुए जल द्वारा कटते रहते है, अत यह जानना कि वे कितनी शीघ्रता से नीचे लाये जा रहे है, एक हित की बात है। यह जानना भी मनोरंजक है कि क्या स्थल पूर्णतया नष्ट हो जाएँगे, और यदि ऐसा ही है तो वे कितने समय तक अस्तित्व मे रहेगे।

वर्षो पूर्व यह अनुमान लगाया गया था कि मिसीसिपी नदी द्वारा मैक्सिको की खाडी मे लायी गयी तलछट की मात्रा प्रत्येक वर्ष प्राय. १,६०,००,००० घन मीटर थी। तलछट की यह मात्रा यदि समान रूप से उस क्षेत्र पर फैला दी जाए जिसका जल मिसीसिपी नदी-तन्त्र (मिसीसिपी-द्रोणी) द्वारा बहाया जाता है तो वह प्रायः एक सेण्टीमीटर के १/१६०वे भाग से अधिक मोटी तह बनायेगी। यदि घोल के रूप मे समुद्र मे ले जाये जाने वाले पदार्थ को भी इसमे सम्मिलित कर ले तो इस अनुमान से यह ज्ञात होगा कि मिसीसिपी-द्रोणी की परिभ्रंशन गति लगभग ३,५०० वर्षो मे केवल $\frac{३}{१०}$ मीटर ही है। नवीनतम अनुमान से पता चलता है कि समुद्र मे मिसीसिपी प्रतिवर्ष ३४,०५,००,००० टन पदार्थ आलम्बन (suspension) और १३,६४,००,००० टन पदार्थ विलयन (dissolved) के रूप में ले जाती है। ओहियो नदी की घाटी सम्पूर्ण मात्रा का लगभग ८,३०,००,००० टन पदार्थ, और इससे भी दुगुनी मात्रा मे मिसौरी मिसीसिपी को अपना योगदान करती है। कोलोरेडो नदी

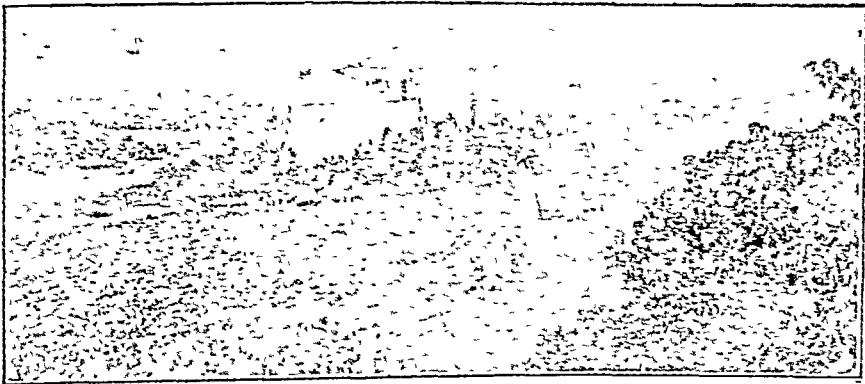



Fig 126

A peneplain near Camp Douglas. Wis. (*Atwood*)

अपनी द्रोणी के प्रत्येक वर्ग किलोमीटर से औसतन लगभग ४०० टन वार्षिक पदार्थ ले जाती है। यह अनुमान किया जाता है कि सयुक्त राज्यो मे प्रत्येक वर्ष समुद्र मे प्राय. २७,००,००,००० टन पदार्थ विलयन के रूप मे और प्राय ५१,३०,००,००० टन पदार्थ आलम्बन के रूप में ले जाया जाता है। समस्त देश के लिए यह क्रिया

समग्र रूप मे २७,००० वर्षो मे लगभग एक मीटर की परिभ्रंशन की गति के अनुसार होती है।

यदि यह गति विना बाधा के चलती रहे और इसमे रुकावट डालने के लिए कोई अन्य घटना घटित न हो तो उत्तरी अमरीका का महाद्वीप प्राय. १,८०,००,००० वर्षो मे समुद्र-तल के बराबर हो जाएगा, क्योकि इसकी औसत ऊँचाई लगभग ६०० मीटर (२,००० फुट) ही है। परन्तु जैसा हमने पहले कहा है कि तल के कटने की वर्तमान गति लगातार नही रह सकती क्योकि जैसे-जैसे स्थल नीचा होता जाएगा वैसे ही वैसे अपक्षरण की गति मन्द पडती जाएगी, क्योकि तब जल का प्रवाह अधिक मन्द हो जाएगा। वास्तव मे जब तल चरम-स्तर पर पहुँच जाएगा तो बहते हुए जल का बलकृत अपक्षरण (mechanical erosion) बन्द हो जाएगा, यद्यपि विलयन (solution) फिर भी चलता ही रहेगा।

अन्य परिवर्तन, जिनका वर्णन बाद मे होगा, स्थल को चरम-स्तर तक परिभ्रंशित होने (घिसने) से रोकने के लिए घटित हो सकते है। अत जहाँ तक परिभ्रंशन का प्रश्न है, उत्तरी अमरीका के महाद्वीप के केवल १,८०,००,००० वर्षो से अधिक काल तक रहने की आशा नही है, वरन् सम्भवत. अनिश्चित काल तक रहने की आशा है। फिर भी ये आँकड़े उस परिवर्तन की गति को सूचित करने मे, जो स्थल पर वर्षा और हिम के गिरने के परिणामस्वरूप उत्पन्न होते हैं, एक लाभदायक उद्देश्य की सिद्धि करते है।

अपक्षरण की गति को प्रभावित करने वाली परिस्थितियाँ (Conditions affecting the rate of erosion)—बहते हुए जल द्वारा अपक्षरण की गति को प्रभावित करने वाली कुछ परिस्थितियो का वर्णन अथवा आभास पिछले पृष्ठो मे दिया जा चुका है। साराश के रूप मे उनको पुन यहाँ एकत्रित किया जा सकता है।

बहता हुआ जल जिस गति से उस तल को जिस पर होकर वह बहता है, काटता है, वह गति प्रधानतया—(१) जल की मात्रा, (२) उसके वेग, (३) जिस पदार्थ के ऊपर बहता है उसकी विशेषताएँ, और (४) उसके द्वारा ढोये जाने वाले बोझ की मात्रा और विशेषताओ—पर निर्भर होती है।

(१) नदियो के बाहर स्थल पर बहने वाले जल की मात्रा मुख्यत. वर्षा पर निर्भर होती है। नदी के जल की मात्रा मुख्यत (अ) उसके जल का क्षेत्र कितना है, और (ब) इसकी द्रोणी मे अपक्षेपण (precipitation) की मात्रा, पर निर्भर होती है। जितना ही बडा क्षेत्र होगा, और अपक्षेपण की मात्रा जितनी ही अधिक होगी, सरिता भी उतनी ही अधिक बडी होगी।

(२) बहते हुए जल का वेग—(अ) क्षेत्र के ढाल, (ब) विशेषत उसकी (जल की) गहराई की मात्रा, (स) उसके बोझ, और (द) उसके (जल के) मार्ग का आकार और समाकृति (configuration) पर निर्भर करता है। जितना ही अधिक ऊँचा ढाल, अधिक विशाल मात्रा, कम बोझ और अधिक चिकना और सकुचित जल-मार्ग होगा, प्रवाह भी उतना ही अधिक होगा।

वेग के सम्बन्ध मे ढाल के प्रभाव के विषय मे कुछ कहने की आवश्यकता नही है। जल की मात्रा की वृद्धि प्रवाह की गति को बढ़ा देती है। इस सत्य का स्पष्टीकरण इस परिचित घटना से होता है कि वाढ के समय नदी अन्य समयो की अपेक्षा तेज वहती है। वाढ मे नदी की अपक्षरण (erosion) की शक्ति की वात पहले कही जा चुकी है (चित्र ८७ और ८८)। किसी भी रूप मे तलछट को ढोना नदी की शक्ति के ऊपर एक भार होता है और जितना ही अधिक यह भार होगा उतना ही भार नदी के जल की शक्ति पर वढ़ जाएगा। यदि तलछट को ढोने में नदी को यह शक्ति न लगानी पड़े तो यह शक्ति नदी को अपने वहाव के लिए उपलब्ध हो सकती है। एक असम जलमार्ग की अपेक्षा एक सम जलमार्ग कम रोक उत्पन्न करता है, और इस प्रकार वह वेग को और भी अधिक वनाने मे सहायक होता है। किन्तु चिकनाई से भिन्न, जो जलमार्ग प्रवल वेग का सहायक होता है, वह ऐसा होता है कि वह जल के साथ कम से कम क्षेत्र का सम्पर्क होने देता है। उदाहरण के लिए, एक अधिक गहरे और अधिक संकुचित जलमार्ग (चित्र १२८) की अपेक्षा एक चौड़े और उथले जलमार्ग (चित्र १२७) मे जल का सम्पर्क तल के अधिक वड़े भाग के साथ होता है। चौड़े और उथले जलमार्ग मे जल को अपने तल मे अधिक वाधा मिलती है और वाधा से धारा धीमी पड़ जाती है। प्राय प्रत्येक सरिता जो विभिन्न चौड़ाइयों वाले जलमार्ग से होकर वहती है, वहाँ पर अधिक वेग धारण कर लेती है जहाँ पर जलमार्ग कम चौड़ा होता है।

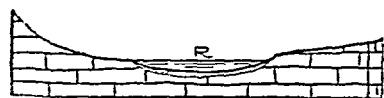
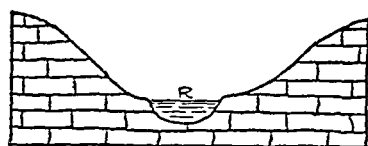



Fig. 127 Fig. 128

Fig. 127. A broad, shallow river channel.
Fig. 128. A deeper and narrower channel than shown in Fig 127, with the same gradient. A stream in a channel such as is represented in Fig 128 will flow faster than one in such a channel as that shown in Fig. 127.

(३) सरिता की द्रोणी के तल की विशेपताएँ, और प्रधानतः उसके जलमार्ग मे पड़ने वाले पदार्थ की विशेपताएँ, भी सरिता के अपक्षरण (erosion) की गति को प्रभावित करती है। यदि **स्थल का तल**, जिस पर वर्पा पडती है, नग्न और ठोस शिलाओ का है, तो तात्कालिक निस्राव (immediate run-off) सरिता मे न के तुल्य तलछट लाता है और यदि **सरिता का तल** नग्न और ठोस शिलाओ से निर्मित है तो सरिता भी उसे उस तल की अपेक्षा जो कीचड और वालू से निर्मित होता है, कम काटती है।

(४) अधिक से अधिक प्रभाव उत्पन्न करने की विधि से कार्य करने के लिए सरिता में पर्याप्त वोझ अवश्य होना चाहिए। यह वोझ औजार का काम देता

यह बोझ काटने के कार्य को अधिक शीघ्रता से करता है। किन्तु, साथ ही साथ, यह बोझ इतना अधिक भी नहीं होना चाहिए कि सरिता का प्रवाह मन्द पड़ जाए, और वह (सरिता) अपने औजारों का प्रयोग प्रभावपूर्ण ढंग से न कर सके।

अपक्षरण से उत्पन्न विशेष प्रकार की आकृतियाँ (Exceptional Features Developed by Erosion)

प्रपाती खड्ड और कन्दराएँ (Canyons and gorges)—जब घाटियाँ इतनी कम चौड़ी और गहरी हों कि वे एक प्रकार से अपूर्व ज्ञात हों तो उन्हें **कन्दराएँ अथवा प्रपाती खड्ड** (gorges or canyons) कहते हैं। सामान्यतया प्रपाती खड्ड कन्दराओं से अधिक बड़े होते हैं, यद्यपि दोनों ही के मध्य कोई स्पष्ट और तीव्र अन्तर नहीं होता है। किन्हीं-किन्हीं परिस्थितियों में छोटी कन्दराओं और नये प्रपाती खड्डों के किनारे प्राय ऊर्ध्वाधार (vertical) होते हैं (**चित्र १२९**), किन्तु बड़े प्रपाती खड्डों के किनारे कदाचित ही ऐसे होते हैं (**चित्र १३०**)। एक प्रपाती खड्ड और एक घाटी, जो कि प्रपाती खड्ड नहीं है, के मध्य का अन्तर अधिक तीव्र नहीं होता है, और उन प्रदेशों में, जहाँ प्रपाती खड्डों की अधिकता होती है सभी घाटियों के लिए प्राय इसी नाम का प्रयोग किया जाता है।

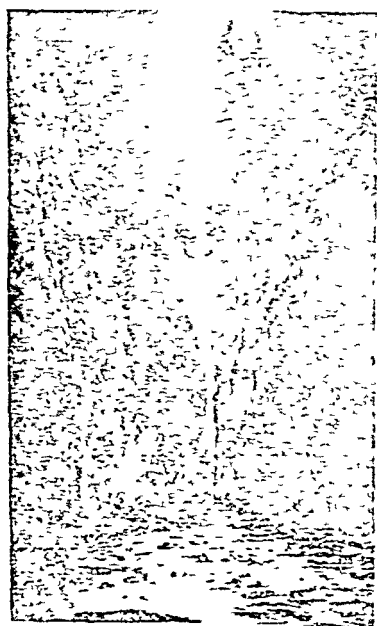



Fig 129
Oneonta Gorge. Canyon of the Columbia. Ore
(*Fairbanks*)

कोलोरेडो नदी का प्रपाती खड्ड (चित्र २४, २५ और १३०) अब तक के ज्ञात प्रपाती खड्डों में सबसे बड़ा है। इसकी अधिक से अधिक गहराई लगभग एक किलोमीटर है, परन्तु जहाँ पर उसकी यह गहराई है, वह अधिकांश स्थानों पर १२ से १६ किलोमीटर (८ से १० मील) तक चौड़ी है यद्यपि यह तल पर बहुत सँकरी है। १६ किलोमीटर (एक मील) गहरी और १३ किलोमीटर (८ मील) तक चौड़ी होने पर समान ढाल का कोण १५° से कम होगा। इस प्रकार के ढाल की घाटी की अनुप्रस्थ-काट (cross-section) **चित्र १३१** में दिखायी गयी है। परन्तु प्रपाती खड्ड के ढाल समान नहीं होते हैं, जैसा कि **चित्र १३२** में दिखाया गया है। ढाल की विषमताएँ खड्ड की दीवारों की शिलाओं की कठोरता की असमानताओं के कारण उत्पन्न होती हैं।

यैलोस्टोन नदी (Yellowstone River) भी एक विशेष प्रपाती खड्ड मे बहती है जो लगभग ३० मीटर (१०० फुट) गहरी है (चित्र १३३ और पट्ट ४ का चित्र १)। कोलोरेडो के प्रपाती खड्ड की अपेक्षा इसकी चौड़ाई इसकी गहराई के अनुपात मे कम है।

सँकरी घाटियो का अर्थ यह है कि घाटी को गहरा करने वाली विधियाँ घाटी को चौडा करने वाली विधियो मे आगे बढ़ गयी हो। इसका अर्थ यह है कि जिस धारा ने कन्दरा अथवा प्रपाती खड्ड बनाया था वह वेगवती थी, अथवा यह है कि घाटी को चौडा करने वाली विधियाँ मन्द थी, अथवा दोनो ही बाते थी।

जहाँ घाटियो का ढाल अधिक होता है और धारा प्रबल होती है वहाँ घाटियाँ शीघ्रता से गहरी होती चली जाती है। वे मन्द गति से चौडी वहाँ होती है जहाँ—(१) जलवायु शुष्क होती है, अत ढाल को धोने (slope-wash) की क्रिया धीरे-

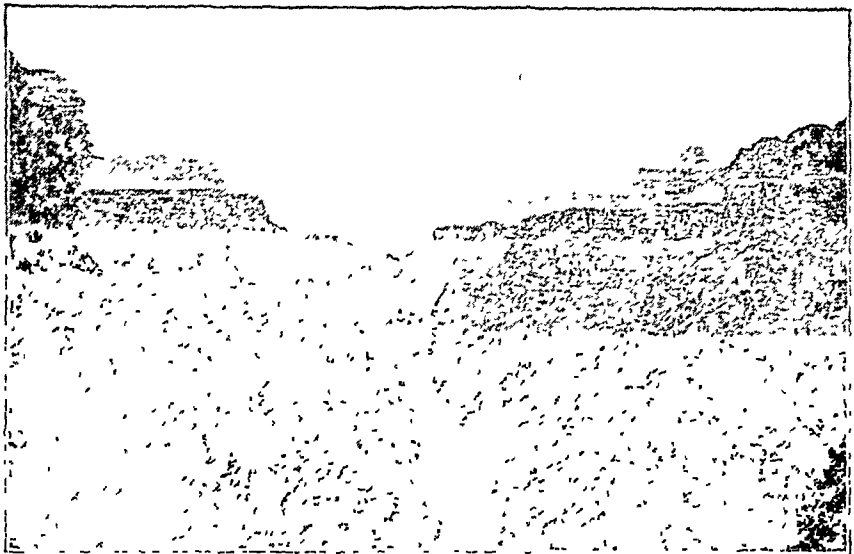



Fig. 130
Grand Canyon of the Colorado. (*Peabody*)

धीरे होती है, (२) धारा इतनी वेगवती होती है कि वह टेढी-मेढी सर्प की गति से नही चलती है, और (३) किनारो का पदार्थ ऐसा है कि वह सीधे ढालो (steep slopes) सहित खडा होता है। उदाहरण के लिए, ठोस शिला शिथिल बालू की अपेक्षा अधिक सीधे ढालो के साथ खडी रहेगी। अत हमारा साराश यह है कि (१) अधिक ऊँचाई, (२) शुष्क जलवायु, (३) प्रबल धाराएँ, और (४) चट्टानो की बनावट (rock structure)

Fig. 131
Diagram showing the proportions of a valley the width of which is eight times the depth. These are approximately the proportions of the Colorado Canyon.

जो सीधे ढालो मे खडी रहेगी, प्रपाती खड्डो के प्रकार की घाटियो के विकास के अनुकूल होती है। दूसरे शब्दो मे, यदि जलवायु और चट्टानो की रचना अनुकूल होती है तो पठारो और पर्वतो मे युवा घाटियो के प्रपाती खड्डो के होने की सम्भावना रहती है। सयुक्त राज्य के पश्चिमी भाग के पठार ऐसी ही परिस्थितियाँ

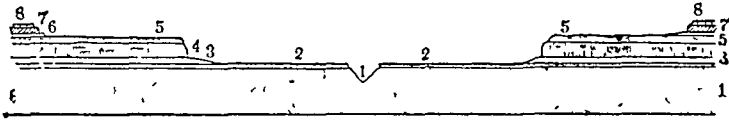



Fig. 132
Cross-section of the Colorado Canyon
(*After Gilbert and Brigham*)

प्रस्तुत करते है और वहाँ पर प्रपाती खड्डो का होना सामान्य घटना है। यह केवल प्रमुख नदियो के ही विषय मे नही बल्कि उनकी सहायक नदियो के विषय मे भी सत्य है।

Fig 133
The Canyon of the Yellowstone below the falls
Yellowstone National Park

Fig. 134
Bad-land topography north of Scott's Bluff, Neb.
(*U. S. Geological Sui vey*)

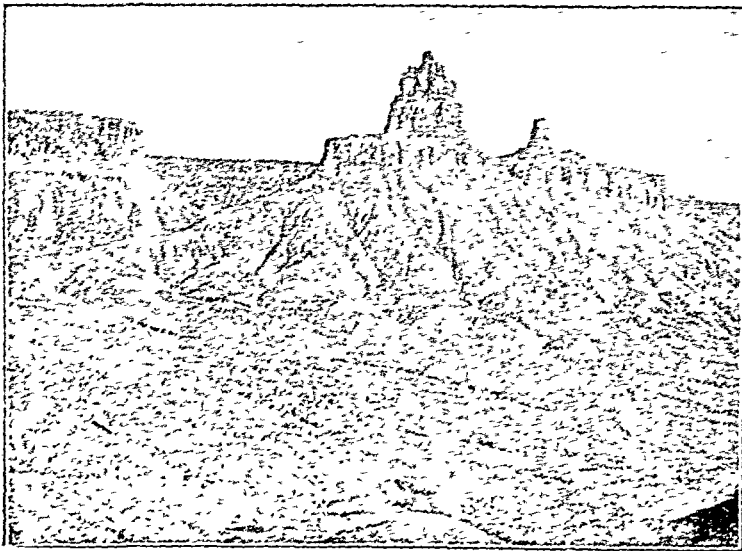



Fig. 135
Bad-land topography southwest foot of Mesa, Verde, Colo.
(*U. S. Geological Sui vey*)

एक शुष्क प्रदेश मे एक प्रबल सरिता का होना सम्भव है जबकि ऊपर के किसी आर्द्र प्रदेश से घाटी को पर्याप्त जल की प्राप्ति होती हो। कोलोरेडो नदी इसका उदाहरण है।

चूँकि अनेक कन्दराएँ आर्द्र प्रदेशो मे है, अत यह स्पष्ट है कि प्रपाती खड्डो के विकास के अनुकूल होने वाली सभी परिस्थितियो की उपस्थिति कन्दराओ को विकसित करने के लिए आवश्यक नही होती। नियाग्रा नदी मे प्रपातो (falls) के नीचे एक कन्दरा अथवा प्रपाती खड्ड है (पट्ट १३)। यहाँ पर नीचे की ओर कटाव इतना तीव्र है कि घाटी को चौडा करने वाली विधियाँ, प्रदेश के आर्द्र होते हुए भी, उस कटाव का साथ न दे सकी।

पश्चिम (सयुक्त राज्य) के अधिक गहरे प्रपाती खड्डे अपने मार्गो के आर-पार यात्रा करने मे प्राय ऐसी बाधाएँ उपस्थित करते है कि उनके पार जाना असम्भव ही हो जाता है और उनकी नदियाँ शायद ही कभी व्यापार अथवा सिचाई की आवश्यकताओ को पूरा करती है। रक्षा के विचार से तो निस्सन्देह ही वहाँ के निवासियो को उन प्रपाती खड्डो की प्राय अगम्य दीवारो ने अपने गृह बनाने के लिए प्रोत्साहित किया है।

अन्त मे प्रपाती खड्ड अन्य प्रकार की घाटियो मे अवश्य विकसित होगे, क्योकि प्रपाती खड्ड की धारा अन्त मे उसे चरम-स्तर तक काट ही डालेगी। तब घाटी का और अधिक गहरा होना बन्द हो जाएगा, किन्तु घाटी को चौडा करने की विधियाँ तब भी चलती ही रहेगी और जब तक कि वह प्रपाती खड्ड का रूप न छोड दे तब तक सँकरी घाटी के अधिक चौडा होने का क्रम चलता ही रहेगा।

दोषयुक्त (बंजर) भूमि (Bad lands)—तरुण अवस्था के अन्त और प्रौढ अवस्था के आरम्भ मे कतिपय उच्च प्रदेशो मे, जहाँ शिला किंचित रूप मे, यद्यपि असमान रूप मे, रुकावट डालने वाली होती है तो इस प्रकार की विकसित स्थल की

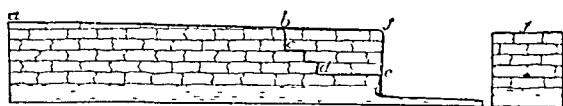



Fig 136

Diagram to illustrate the initial stage in the development of a natural bridge. Longitudinal section at the left, cross-section at the right

आकृतियो को कभी-कभी **बंजर भूमि** (bad lands) का नाम दिया जाता है। **चित्र १३४** और **१३५** से बजर भूमि की स्थलाकृतियो का कुछ ज्ञान होता है। उत्तरी अमरीका के पश्चिमी भाग मे विभिन्न स्थानो पर बजर भूमि की स्थलाकृतियाँ मिलती है। ये स्थलाकृतियाँ विशेपकर नेब्रास्का और डाकोटास के पश्चिमी भागो मे और वोमिग (Wyoming) के कुछ भागो मे मिलती है। यहाँ की चट्टानो की रचना मुख्यत बलुआ पत्थरो (sandstones) की है जिनमे भिन्न-भिन्न मिट्टियो के मुलायम

(unindurated) स्तर है। जलवायु के तत्व भी बजर भूमि की स्थलाकृति के विकास से सम्बन्धित होते हैं। एक अर्द्ध-शुष्क जलवायु, जहाँ पर अवक्षेपण (precipitation) पर्याप्त सकुचित होता है, इसके विकास के लिए सर्वाधिक अनुकूल प्रतीत होता है।

प्राकृतिक पुल (Natural bridges)—यदि कोई सरिता जुडी हुई शिलाओ के ऊपर से बहती हुई प्रपात (fall) बनाती है तो कतिपय स्थानो पर प्राकृतिक

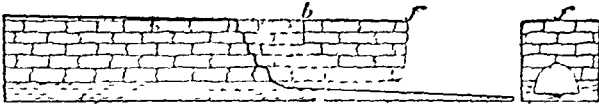



Fig. 137
A stage later than that shown in Fig 136.

पुलो के विकास के लिए अवसर पैदा हो जाते है। यदि किसी झरने के ऊपर सरिता के तल मे कोई खुला हुआ जोड होता है (जैसे **चित्र १३६** के b स्थान पर), तो जल का कुछ भाग उसमे होकर नीचे उतर जाएगा। एक निचले स्तर पर पहुँचकर वह चट्टान के मध्य मे कोई मार्ग पाकर अथवा बनाकर, झरने के नीचे सरिता मे पहुँच सकता है। यदि थोडा-सा भी जल ऐसा मार्ग अपनाता है, तो बहाव इसके जलमार्ग को बढा देगा। इस प्रकार जिस जोड मे जल नीचे उतरता है वहाँ से झरने के नीचे की घाटी तक एक मार्ग बन जाएगा (**चित्र १३६** b, c, d, e)। कुछ समय के पश्चात यह मार्ग इतना पर्याप्त बडा हो सकता है कि सरिता का समस्त जल इसमे होकर बहने लग सकता है। इस अवस्था मे सम्पूर्ण प्रपात की पहली अवस्था (f) से बदलकर बडे जोड (b) के अनुसार हो जाएगी। तब प्रपात पीछे हट जाएगा। प्राचीन और नवीन प्रपातो के मध्य भूमि के भीतर का जलमार्ग चट्टान द्वारा (**चित्र १३७** bf और f) बँध जाएगा और एक प्राकृतिक पुल बना देगा। इस प्रकार का एक पुल

Fig. 138
A partially developed natural bridge in Two Medicine River Mont (*Whitney*)

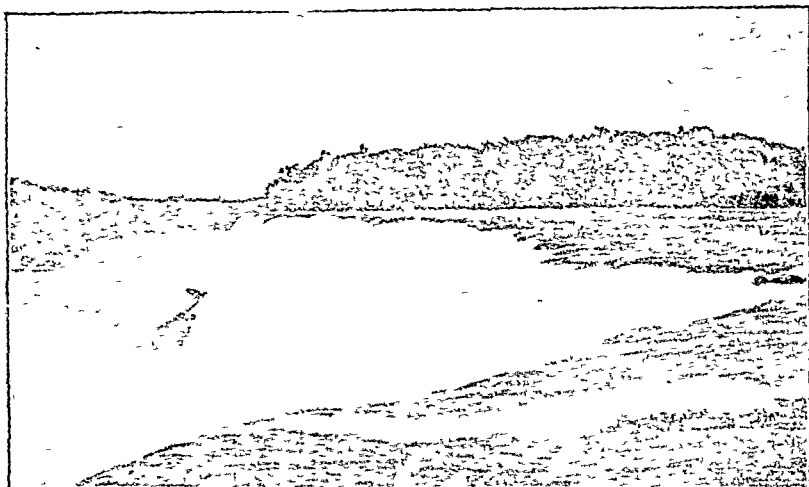



Fig. 141
Niagara Falls (*U. S. Geological Survey*)

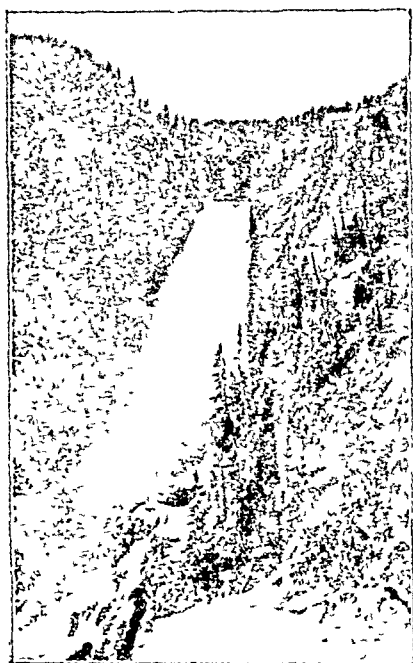



Fig. 142
The lower falls of the Yellowstone.

प्रपात और द्रुतवाह निरन्तर बदलते रहते है, यद्यपि साधारणत. यह परिवर्तन बहुत मन्द होता है। नियाग्रा प्रपात नदी के ऊपर की ओर पीछे को हट रहे है

Fig. 143
Rustic Falls. A succession of slight falls in the Yellowstone Park. (*U S. Geological Survey*)

क्योंकि गिरता हुआ जल जिस चट्टान के ऊपर से बहता है उसकी कठोर परत को निरन्तर घिसता चलता है (चित्र १४४)। जब कोई प्रपात पीछे की ओर को हटता है तो वह सामान्यतया नीचा हो जाता है। ऐसी अवस्थाओ मे यह स्पष्ट है कि यदि प्रपात पर्याप्त दूरी तक पीछे हटता है तो वह एक दिन अवश्य ही मिट जाएगा। यदि वह कठोर चट्टान जिसके ऊपर जल गिरता है, चित्र १४५ मे दिखायी हुई स्थिति मे हो, तो प्रपात पीछे नही हटेगा बल्कि नीचा अवश्य हो जाएगा और उस समय मिट जाएगा जब सरिता प्रपात के स्थान को काटकर चरम-स्तर तक पहुँचा देती है, अत द्रुतवाह और प्रपात अस्थायी आकृतियाँ है। प्रपाती खड्डो (canyons) के समान ही, वे तरुणावस्था के चिह्न है, क्योंकि

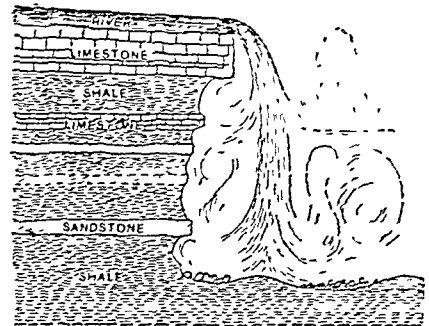



Fig. 144
Diagram illustrating the conditions at Niagara. (*Gilbert*)

वे प्रकट करते है कि सरिता चरम-स्तर से बहुत ऊपर है। कालान्तर मे वर्तमान सभी द्रुतवाह और प्रपात मिट जाएँगे, क्योकि नदियो के चरम-स्तर तक पहुँच जाने के पश्चात, जो प्रत्येक नदी का लक्ष्य है, वे विद्यमान नही रह सकते है।

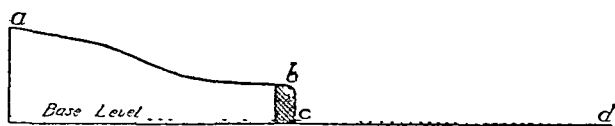



Fig. 145
Diagram illustrating a condition where a fall will not recede.

जल-प्रपात से हम भूतकाल और भविष्यकाल दोनो ही की दशाओ मे तर्क कर सकते है। यदि वर्तमान प्रपात मिट जाने वाले है, तो क्या कोई ऐसा भी समय था जबकि वे विद्यमान न थे ?

मान लीजिए कि प्रबल जल-प्रवाह (vigorous drainage) के मार्ग मे पडने वाला पदार्थ असमान कठोरता का है, तो सरिता के पर्याप्त ऊपरी भाग मे कम रुकावट डालने वाला भाग अधिक रुकावट डालने वाले भाग की अपेक्षा अधिक शीघ्रता से जल द्वारा काट दिया जाएगा, जिसका परिणाम **चित्र १४६** मे दिखाये

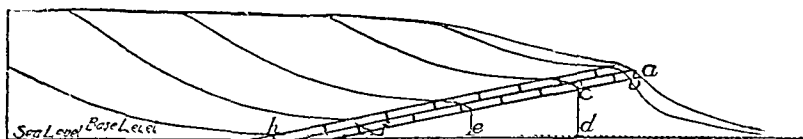



Fig. 146
Diagram illustrating the development of a fall where the hard layer dips up-stream.

गये परिणाम की भाँति होगा। ऐसी परिस्थिति मे जल द्वारा निरन्तर कटाव 'a' स्थान के द्रुतवाह (rapid) को और भी अधिक तेज बना देगा, और नीचे गिरते हुए जल के तल को खडा ढाल बनाने का क्रम तब तक चलता रहेगा जब तक कि द्रुतवाह जल-प्रपात न बन जाए। इस अवस्था मे **द्रुतवाह और प्रपात उस कठोरता की असमानताओ पर निर्भर है जो सरिता ने अपनी घाटी की खुदाई में उपस्थित की है।** यह सम्भवत. सामान्य से सामान्य विधि है जिसके द्वारा प्रपातो और द्रुतवाहो की उत्पत्ति होती है। इस प्रकार से उत्पन्न प्रपात मन्द गति से विकास पाते है। ऐसे प्रपात **उत्तरगामी (बाद को चलने वाले) प्रपात** (subsequent falls) कहला सकते है, क्योकि वे तल की मूल आकृति पर निर्भर नही रहा करते है।

अन्य अवस्थाओ मे तल के जल का प्रवाह अपने मार्ग से समुद्र की ओर जाता हुआ किसी खड़ी चट्टान (cliff) पर पहुँचकर उससे नीचे गिर सकता है। इस स्थिति मे, तल का खड़ा उतार (steep descent) सरिता के आने के पहले से ही विद्यमान

था और सरिता के वहाँ पहुँचते ही प्रपात का आरम्भ हो गया। चूँकि ऐसे प्रपात उस तल की असमानता के कारण उत्पन्न होते है जिस पर होकर सरिता ने वहना आरम्भ कर दिया था, अत: उनको **अनुगामी (पीछे चलने वाला) प्रपात** (consequent falls) कहा जा सकता है। इस प्रकार के प्रपात का एक उत्तम उदाहरण नियाग्रा प्रपात है जो उस समय वना था जवकि ईरी झील (Lake Erie) से निकला हुआ वाहरी प्रवाह ओण्टोरियो झील (Lake Ontario) को जाता हुआ अपने मार्ग मे एक खड़ी चट्टान (cliff) पर पहुँचकर उससे नीचे गिरने लगा था। जव से यह झरना आरम्भ हुआ तव से यह लगभग ११ किलोमीटर (७ मील) पीछे हट गया है।

प्रपात और भी अन्य विधियो से वनते है। किसी भूमि के खिसकने अथवा लावा के वहाव के कारण एक वाँध वन सकता है जिसके ऊपर से होकर जल नीचे गिरता है अथवा द्रुतवाह के रूप मे वहता है। ऐसी परिस्थितियों मे, विशेषत. प्रथम स्थिति मे, वाँध अस्थायी होते है, और इस प्रकार द्रुतवाह और प्रपात वन जाते है।

कभी-कभी प्रपातो के तल पर भँवर-छिद्र (pot-holes—जल के गड्ढे—जल-गर्तिका) वन जाते है (**चित्र १४७**)। इसका आरम्भ चट्टान के तल मे उपस्थित

Fig. 147

Pot-holes in granite. Upper Tuolumne, Cal.

कुछ असमानताओ के परिणामस्वरूप होता है। गिरते हुए पानी के भँवरो मे जो पत्थर घूमते रहते है वे घिस जाते है जिसके परिणामस्वरूप भँवरो का आकार पर्याप्त वडा हो जाता है।

संकीर्ण घाटियाँ (Narrows)—जव कोई सरिता कठोर शिला के स्तर के

मध्य से अपना मार्ग बनाती है, तो वह केवल द्रुतवाह और प्रपात ही नही बनाती है वरन् कठोर शिला की घाटी को अन्य प्रकार से भी प्रभावित करती है। रुकावट डालने वाली कठोर चट्टान, कमजोर चट्टान की अपेक्षा मन्द गति से घिसती है। अत. जहाँ रुकावट डालने वाली चट्टान होती है वहाँ कमजोर शिला वाले स्थान की अपेक्षा घाटी अधिक सँकरी हो जाती है। किसी घाटी की इस प्रकार की सकुचित रचना को सकीर्ण घाटी अथवा **जलदर्रा** (water-gap) कहते है (चित्र १४८)। किटाटिनी (Kittatinny) पर्वत के मध्य डेलावेयर (Delaware) का जलदर्रा इसका एक उत्तम उदाहरण है। विसकासिन (Wisconsin) मे बाराबू (Baraboo) नाम की नदी की सकीर्ण घाटी (चित्र १४९) इसका दूसरा और उत्तम उदाहरण है। प्रपातो से

Fig. 148
Diagram showing a narrow place in a valley where the stream crosses a hard layer of rock.

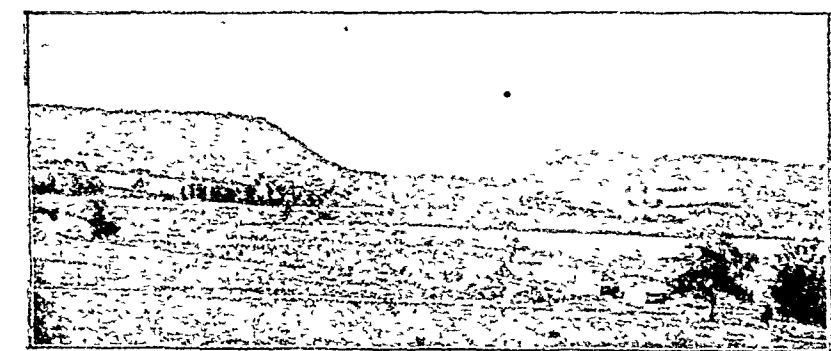



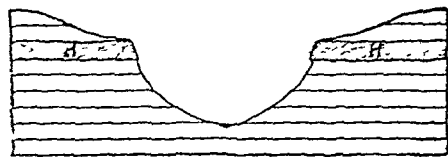
Fig. 149
The Lower Narrows of the Baraboo River, Wisconsin. .(*Atwood*)

भिन्न, सकीर्ण घाटियाँ सरिता की तरुण अवस्था मे सबसे अधिक ध्यान को नही खीच पाती है, वरन् पर्याप्त समय के पश्चात रुकावट डालने वाली चट्टान से लगी हुई कमजोर चट्टान के प्रदेश मे घाटी अत्यधिक चौडी हो जाती है। क्षैतिज (horizontal) अथवा लगभग क्षैतिज स्तरो मे प्रपात सामान्यत मिलते है, परन्तु सकीर्ण घाटियाँ सामान्यतया स्तरयुक्त चट्टान (stratified rock) मे केवल उन्ही स्थानो पर विकसित होती है जहाँ स्तर एक उच्च कोण पर झुकता है।

कुछ सकीर्ण घाटियाँ पर्वतो मे होकर द्वार (gateways) का कार्य करती है और इसी कारण से वे यात्रा और परिवहन के मार्गो पर नियन्त्रण रखती है। मेरीलैण्ड (Maryland) मे विल्स पर्वत (Wills Mountain) की विल्स क्रीक (Wills Creek) नाम की सकीर्ण घाटी इसका एक अच्छा उदाहरण है। महत्त्वपूर्ण

मार्गो की रक्षा के लिए ओहियो कम्पनी (Ohio Company) द्वारा निर्मित फोर्ट कम्बरलैण्ड (Fort Cumberland) से नीमा कोलिन्स मार्ग (Nema Colin's Path), और वाशिंगटन एव ब्रेडोक्स मार्ग (Washington and Braddock's roads) इसमे से होकर पश्चिम को जाते है; और कम्बरलैण्ड राष्ट्रीय मार्ग (Cumberland National Road) एव एक और अन्य महत्त्वपूर्ण रेल-मार्ग इस समय इस सकीर्ण घाटी से ही होकर जाते है।

चट्टानी सीढ़ियाँ (Rock terraces)—यदि वह कठोर परत, जिसके मध्य से सरिता मार्ग काटती है, क्षैतिज (horizontal) होता है, तो प्रतिरोध (रुकावट) डालने वाली चट्टान, ऊपर और नीचे की कमजोर चट्टान की अपेक्षा मन्द गति से घिसती है। ऐसी दशा मे सीढीदार चट्टाने उत्पन्न होती है, जैसा कि **चित्र १५०** मे दिखाया गया है।

Fig. 150
Rock terraces, due to resistant layers of rock.

अवशिष्ट शैल, चट्टानी कटक आदि (Monadnocks, rock ridges etc.)—घाटियो के अतिरिक्त भी, औसत से अधिक रुकावट डालने वाली चट्टान स्थलाकृति (topography) मे अपना अस्तित्व रखती है, क्योंकि वर्षा के जल द्वारा धुलाई, पवन और अपक्षयण (weathering) की अधिकाश विधियाँ कमजोर चट्टान की अपेक्षा रुकावट डालने वाली चट्टान को कम प्रभावित करती है। परिणाम यह होता है कि जब कठोर चट्टान के चारो ओर की कमजोर चट्टान घिसकर लगभग आधार के तल को प्राप्त करती है तो कठोर चट्टान पहाडियो अथवा अवशिष्ट शैल (monadnocks) जैसे पर्वतो के रूप मे प्रकट होने लगती है। **चित्र १५१** इसका एक उदाहरण है। कोई लम्बी और सँकरी कटक (elongate narrow ridge) किसी प्रतिरोधी चट्टान के मुडे हुए स्तर से अलग हो जाने के कारण कभी-कभी कोल-पीठ (hogback—सूअर की पीठ) के नाम से पुकारी जाती है (**चित्र १५२**)। सयुक्त राज्य के पश्चिम मे ऐसी ही ऊँचाइयो को प्राय: स्कन्धागिरि (buttes) कहा जाता है (**चित्र १५१ और १५४**)। कठोर चट्टान का एक स्तर, जैसे लावा का स्तर, यदि ऊपर हो और नीचे कोई कम रुकावट डालने वाली रचना हो, जैसे मृत्तिका अथवा नरम जम्बशिला (clay or soft shale), तो स्कन्धागिरि बनने की सम्भावना अधिक रहती है। यदि इस प्रकार की ऊँचाई की चोटी पर एक पर्याप्त चौडा विस्तार होता है तो इसे एक पटलप्रस्थ (mesa) कहते है, यद्यपि यह नाम, विशेष ऊँचाई होने पर, चौडी सीढ़ियो अथवा वेदिकाओ (terraces) को भी दिया जाता है (**चित्र २६**)।

कठोर चट्टान के समीप की कम रुकावट डालने वाली चट्टानो के नष्ट हो जाने के बाद, कठोर चट्टान की अलग से स्वतन्त्र रूप में खडी हुई ऊँचाइयाँ, कभी-कभी विचित्र आकृतियाँ धारण कर लेती हैं; ऐसा होना शिलाओ (चट्टानो) की

बनावट पर निर्भर है। लम्बी कटकें साधारणत वहाँ पर पायी जाती है जहाँ पर स्तर (strata) मुडा हुआ (folded) होता है। जहाँ पर मूल मोडो के शीर्ष क्षैतिज

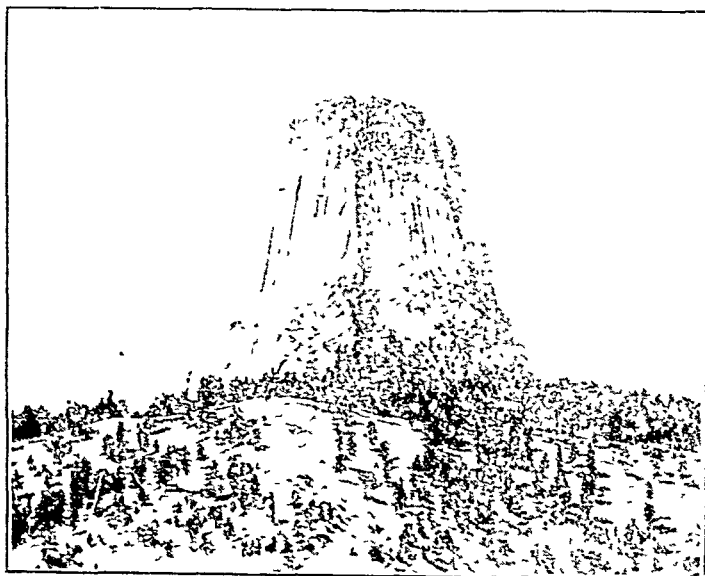



Fig 151
A monadnock; a mass of igneous rock isolated by erosion and remaining because of its superior hardness Matteo Tepee, Wyo (*Detroit Photo. Co*)

Fig. 152
Hogbacks, due to the erosion of tilted beds of unequal resistance. The harder layers stand up as ridges and constitute the "hogbacks." (*Powell*)

(horizontal) नही होते, वहाँ पर अपक्षरण (erosion) के द्वारा उन कटको की विचित्र आकृतियाँ हो जाती है जो कठोर चट्टान के बाहर निकलकर अलग एकान्त

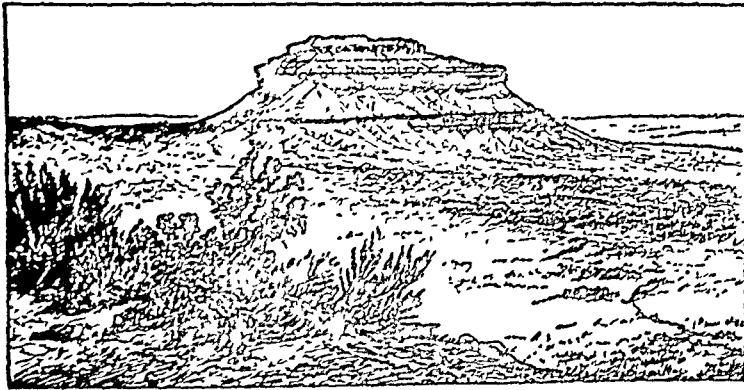



Fig. 153
A butte. A characteristic feature of the arid plateau region of the West The butte is really a monadnock.
(*U. S. Geological Survey*)

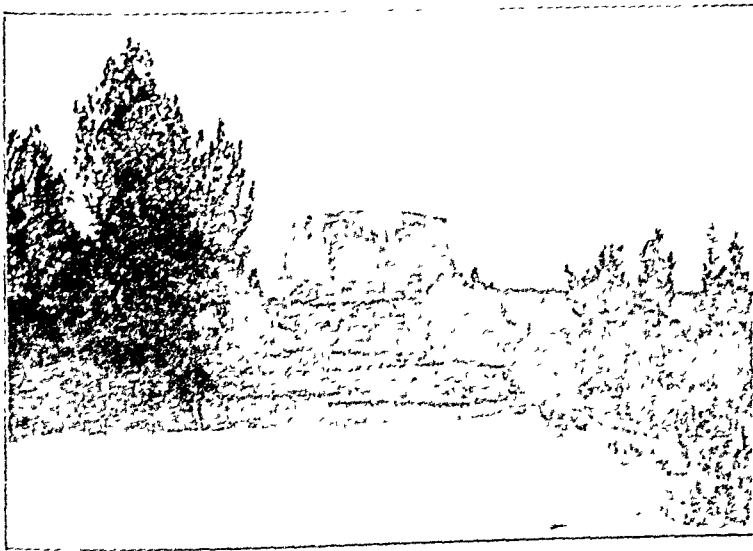



Fig. 154
The Enchanted Mesa. A striking butte in New Mexico. The name mesa is not commonly applied to elevations of such small summit area (*R. T. Chamberlin*)

मे पड जाने के फलस्वरूप बन जाती है (जैसा चित्र १५५ मे दिखाया गया है)। ऐसी आकृतियाँ अपेलेशियन पर्वत मे सामान्य रूप से पायी जाती है।

मानचित्र-कार्य—स्थलाकृतिक मानचित्र की व्याख्या मे अभ्यास ७ देखिए।

नदियो मे होने वाली घटनाएँ (Accidents to Streams)

निमज्जन (Drowning—डूबने की क्रिया)—नदियो मे अनेक आकस्मिक घटनाएँ होती रहती है। यदि वह स्थल जिसमे होकर नदियाँ बहती है, डूबकर उनके ढाल को कम कर देता है, तो वे मन्द गति से बहने लगती है अथवा बहना भी बन्द कर देती है। यदि किसी घाटी का निचला भाग समुद्र-तल से नीचे डूब जाता है, तो समुद्र का जल भीतर प्रवेश कर आता है और एक **सागर-संगम** (estuary) को जन्म देता है। ऐसी परिस्थितियो मे नदियो का निचला भाग और उनकी घाटी निमज्जित (drowned—डूबी हुई) घाटी कहलाती है। यदि सागर-तट पर आकर नदियाँ

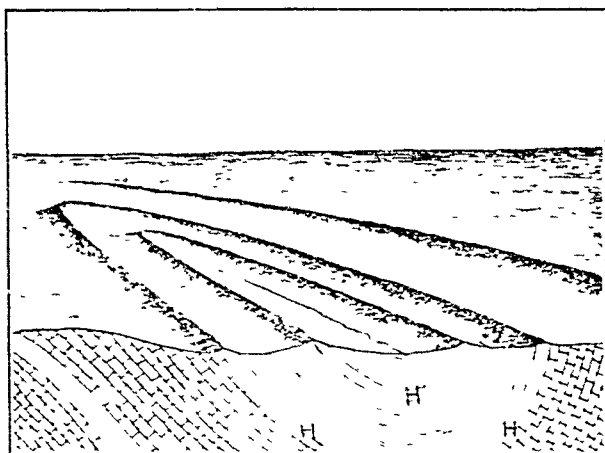



Fig 155

A canoe-shaped valley bordered by a ridge formed by the outcrop of a hard layer. (*Willis*)

खाडियाँ (bays) बनाती है तो निष्कर्ष निकलता है कि तट डूब गया है और यह भी कि नदियो और घाटियो के निचले भाग डुबो दिये गये है। न्यूयार्क और करोलीनास (Carolinoas) के मध्य का समुद्र-तट इसका एक उत्तम उदाहरण है (**चित्र १५६**)। डेलेवेयर की खाडी (Delaware Bay) और चैसापीके की खाडी (Chesapeake Bay) तथा अनेक अन्य छोटी खाडियाँ डूबी हुई (निमज्जित) नदियो के स्थल की सूचक है। यदि इस स्थान पर डुबो देने की क्रिया न होती तो इस प्रदेश का अपवाह (drainage) कुछ इस प्रकार का होता जैसा **चित्र १५७** मे दिखाया गया है। इन चित्रो की तुलना करने पर यह स्पष्ट हो जाता है कि यह डूबने की क्रिया किसी नदी-तन्त्र (river-system) के अगो को अलग-अलग कर देने का प्रभाव रखती है।

पुनर्जीवन (Rejuvenation—पुन जीवित होने की क्रिया)—यदि किसी पुरानी सरिता की द्रोणी (basin) ऊँची उठा दी जाय जिससे कि सरिता की

प्रवणता (gradient—ढाल) बढ़ जाए, तो उसका वेग बढ़ जाएगा और वह पुन. यौवन के लक्षण धारण कर लेगी। ऐसी सरिता के लिए कहा जाता है कि वह

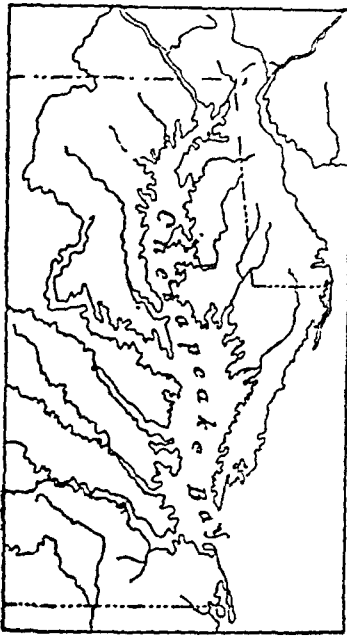
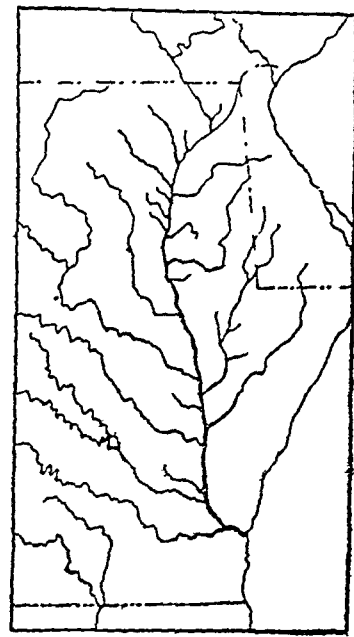



Fig. 156 Fig. 157

Fig. 156. Chesapeake Bay and its surroundings. The bay is a drowned river valley, and the lower ends of its tributary valleys also are drowned.

Fig 157. The drainage of the region about Chesapeake Bay as it would have been but for drowning

पुनर्जीवित हो गयी है (चित्र १५८), और यह सरिता पुरानी घाटी की तलैटी मे एक नवीन घाटी काट लेती है। यदि पुरानी सरिता अपनी घाटी मे सर्प की भाँति टेढ़ी-मेढ़ी चली है, जैसा कि पुरानी नदियो का स्वभाव हो सकता है, तो नये वेग वाली सरिता उन टेढे मोडो (meanders) को अधिक गहरा काट देती है। इस प्रकार से वे टेढे-मेढे मोड़ और भी अधिक गम्भीर हो जाते हैं तथा इस प्रकार के मोड़ों मे युक्त सरिता पुनर्जीवित हो जाती है। ऐसे मोड अनेक सरिताओ ने उपस्थित किये हैं (पट्ट १४)। यह ध्यान रखना चाहिए कि कुछ सरिताएँ ऐसे मोड़ रखती है जो आकार में टेढे मोडो (meanders) के ही समान होते है, किन्तु वास्तव मे वे ऐसे नही होते है। परन्तु कोई सरिता जिसमे मोडो का एक लम्बा क्रम, टेढे-मेढे गम्भीर मोडो जैसा ज्ञात हो, तो उस सरिता को पुनर्जीवित सरिता माना जा सकता है। किसी सरिता का पुनर्जीवन एक नवीन अपक्षरण-चक्र (cycle of erosion) का सूचक होता है, चाहे पहला चक्र भले ही पूर्ण न हुआ हो। पुरानी घाटियो की तलैटी मे नवीन घाटियाँ और टेढे-मेढ़े गम्भीर मोड़ द्वितीय

अपक्षरण-चक्र (second cycle of erosion) के सामान्य लक्षण होते है, यद्यपि इन दोनो पर पूर्णत विश्वास नही किया जा सकता है।

तड़ागीकरण (Ponding—तडाग बनना)—यदि किसी नदी का एक भाग ऊपर की ओर समावलित (warped upward—इठ जाए) हो जाए तो इठाव के ऊपर की ओर (upward) का ढाल कम हो जाता है, प्रवाह रुकने लग जाता है और वहाँ पर नदी चौड़ी हो जाती है। ऐसी बाधाओ के ऊपरी भाग मे नदी का तडागीकरण हो जाता है, अर्थात् जल एक तालाब अथवा झील के रूप मे एकत्रित हो जाता है। यदि यह इठाव पर्याप्त बडा होता है तो वह नदी के मार्ग को पूर्णरूप से रोक सकता है। यदाकदा नदियो का तडागीकरण लावा-प्रवाह, भूमि के खिसकने आदि, और मानव-निर्मित बाँधो द्वारा भी होता है। कारखानो के लिए बनाये गये तालाबो (mill-ponds) तथा जलाशय (reservoir), जो अनेक जलधाराओ पर बनाये जाते है, बाँधो द्वारा तडागीकरण के उदाहरण है। यदि तड़ागयुक्त सरिता के बाँध मे कोई मोरी (outlet—सूराख) होता है तो सरिता अन्त मे बाँध को काट डालती है। यदि बाँध पर्याप्त ऊँचा होता है तो नदी की घाटी से जल पूर्णत बाहर जाने के लिए बाध्य हो सकता है, और वह एक नवीन मार्ग बना सकता है।

Fig. 158

Diagram to illustrate an ideal case of rejuvenation as the result of uplift The black area of the bottom represents the sea

प्रग्रहण (Piracy—चोरी)—एक सरिता दूसरी सरिता को चुरा सकती है। एक ऐसी विधि, जिसके द्वारा ऐसा होता है, **चित्र १५६ और १६०** के द्वारा दिखायी

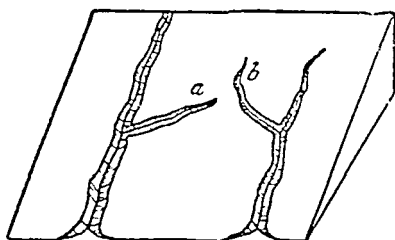
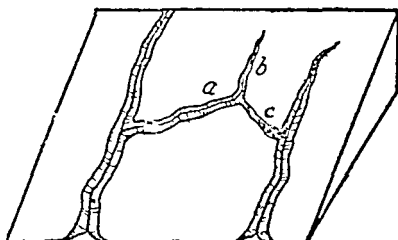



Fig. 159 Fig 160

Fig 159. Diagram to illustrate a phase of piracy By the head-ward growth of *a*, Fig. 159, it reaches *b*, and carries off its upper waters *a*, Fig 160 is a pirate, *b*, Fig 160, has been diverted, and *c* has been beheaded.

गयी है। **चित्र १५९** मे दिखाया गया है कि 'a' स्थान पर किसी घाटी का शीर्ष पीछे की ओर बढता-बढता किसी अन्य सरिता की जलधारा के 'b' स्थान तक पहुँच सकता है। तब वह 'b' स्थान से (**चित्र १६०**) होकर आने वाले जल को ग्रहण कर लेता है। (इस प्रकार एक जलधारा दूसरी जलधारा के जल को बरबस अपनी ओर खीचकर चुरा लेती है।) इस भाँति, एक सरिता द्वारा दूसरी सरिता के जल को चुरा लिया जाना **सरिता-प्रग्रहण** (stream piracy or river capture—जलधारा की चोरी) कहलाता है। जल को अपहरण (चुराने) वाली सरिता को अपहरणकर्ता (pirate) कहते है और जिस सरिता का जल अपहरण किया जाता (चुराया) है उसे विक्षिप्त (diverted—उलटी हुई) कहा जाता है, और जब किसी सरिता का केवल ऊपरी सिरे का ही जल चुराया जाता है तो उसे सिरे पर चुरायी गयी (beheaded—शिरश्छेदित) कहा जाता है। जब कोई उलटकर बहने वाली सरिता संकीर्ण दरी (narrows) अथवा जलद्वार (water-gap) से होकर बहती है तो वह मार्ग वायुहीन (wind-gap—वातावकाश) बन जाता है। अनेक पर्वतीय प्रदेशो मे ऐसे वातावकाश प्राय. पाये जाते है, यद्यपि वे सब इसी प्रकार से ही नहीं बने होते है।

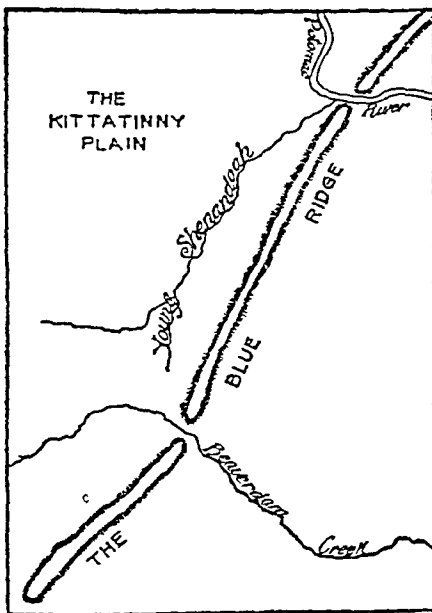
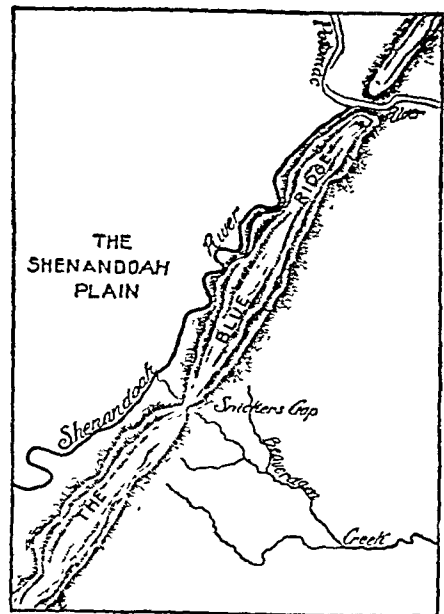



Fig. 161 Fig 162

The capture of head of the Beaverdam Creek by the Shenandoah River.
Virginia-West Virginia. (*After Willis*)

संयुक्त राज्य मे ब्ल्यू रिज (Blue Ridge) नाम के पर्वतों मे ये वातावकाश (शुष्क दर्रे), जिन दिनों मे प्रवासी लोग नई बस्तियाँ बसाने के लिए पश्चिम की

ओर वढ रहे थे, प्रवासियो के लिए पर्याप्त महत्त्वपूर्ण सिद्ध हुए थे। और, सयुक्त राज्य के गृह-युद्ध के दिनो मे वरजीनिया (Vırginıa) की लडाइयो मे उनका युद्ध की दृष्टि से वडा महत्त्व था। यहाँ तक कि सुदूर दक्षिण मे, कम्वरलैण्ड के दर्रे (Cumberland Gap) ने प्रारम्भ के स्वदेश छोडकर जाने वाले प्रवासियो के लिए पर्वतो को पार कर सकने का सवसे अच्छा और सुगम मार्ग प्रदान किया था, और अठारहवी शताव्दी के अन्तिम चरण मे सम्भवत ३,००,००० से अधिक व्यक्ति इस दर्रे से होकर केण्टुकी (Kentucky) और टेनेसी (Tennessee) मे वसने के लिए गये थे।

जितना सामान्यत ज्ञात है उससे कही अधिक यह चोरी की क्रिया नदियो मे प्रचलित रही है। उदाहरण के लिए, अपेलेशियन प्रदेश मे, जहाँ परिस्थितियाँ इस चोरी के अनुकूल रही है, वहुत कम वडी नदियाँ ऐसी है जिन्होने या तो चोरी द्वारा अपने जल की मात्रा को न वढाया हो, या दूसरी नदियो द्वारा उनके अपने जल के चुरा ले जाने से हानि न उठायी हो। **चित्र १६१** और **१६२** यही उदाहरण प्रस्तुत करते है। कठोरता की असमानताएँ चोरी के अनुकूल होती है क्योकि जो नदियाँ कठोर शिलाओ के पार नही जा सकती है वे अपने जलमार्गो को, उन नदियो की अपेक्षा, जो पार जा सकती है, अधिक शीघ्रता से गहरा वनाती है।

अनुवर्ती और पूर्ववर्ती धाराएँ (Consequent and Antecedent Streams)

जव सरिताएँ किसी स्थल पर उस स्थल के ढाल के अनुरूप विकसित होती है तो उन्हे **अनुवर्ती (ढाल के अनुसार चलने वाली) धारा कहा जाता है (चित्र १६३)।**

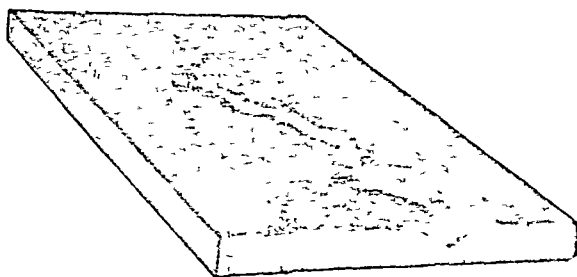



Fıg 163
A consequent stream whose course ıs ın harmony with that of the slope of the area ıt draıns

जव नदियाँ अपना मार्ग वना चुकती है तो वह स्थल जिमका जल ये नदियाँ निकालती है या तो इठ (warped) अथवा विगड़ (deformed) सकता है, किन्तु विगडने अथवा विरूपित होने की यह क्रिया इतनी मन्द हो सकती है कि नदियाँ अपने उसी मार्ग पर जिसे उन्होने विरूपण के आरम्भ होने के पूर्व ही वना लिया था, वहती रह सकती है (**चित्र १६४**)। इस प्रकार तव नदियाँ ऐसे मार्ग से होकर वहती है कि उनका यह मार्ग विना विरूपण (deformatıon) के सम्भव ही न था। ऐसी

नदियाँ, जिनके मार्ग तल के वर्तमान सामान्य ढाल के पूर्व से ही बने हैं और ढाल से मेल नहीं खाते (अर्थात् वर्तमान मार्ग वर्तमान ढाल से मेल नहीं खाते) है, **पूर्ववर्ती** (antecedent) **नदियाँ** कहलाती हैं। प्रारम्भ में वे अनुवर्ती रही होंगी, किन्तु विरूपण के परिणामस्वरूप अब वे अनुवर्ती नहीं रही हैं।

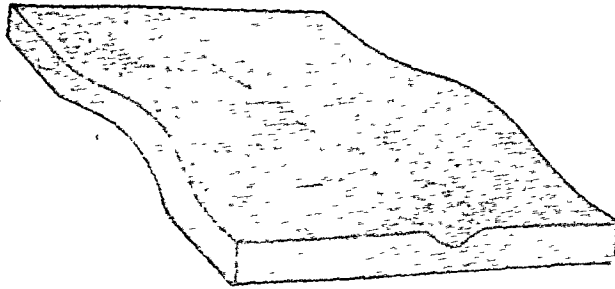



Fig. 164

An antecedent valley The stream and its valley are conceived to have developed as consequent stream and valley. An up-warp athwart the valley followed, but so slowly that the stream cut its bed down as fast as up-warp raised it. The stream held its old course which is not now in harmony with the slope of the area drained.

मानचित्र-कार्य—स्थलाकृतिक मानचित्र की व्याख्या के अभ्यास ८ और ९ को देखिए।

प्रवाहित जल द्वारा निक्षेपण (Deposition by Running Water)

हम देख चुके हैं कि नदियाँ अपने साथ स्थल से समुद्र में कीचड, बालू, बजरी आदि पदार्थों को ले जाती हैं। ऐसा करने में उनका लक्ष्य यह होता है कि वे स्थल का अपक्षरण (erosion) तब तक करती रहें जब तक कि स्थल और समुद्र का तल एक तल पर न आ जाए। हम यह भी देख चुके हैं कि नदियाँ स्थल से प्राप्त की हुई तलछट को सदैव सीधे समुद्र तक नहीं ले जाती हैं। वे तलछट को प्राय. कुछ समय के लिए स्थल पर ही सम्भवत. तब तक के लिए छोड देती हैं जब तक कि उसे उनको पुन उठाने और ढोने के लिए परिवहन की उपयुक्त परिस्थितियाँ प्राप्त न हो जाएँ। अब हमें ज्ञात करना है कि—(१) वे कौनसे कारण हैं जिनसे बहता हुआ जल अपने भार का कुछ भाग, कम से कम अस्थायी रूप से, छोड़ने के लिए विवश होता है; (२) वे कौनसे स्थान हैं जहाँ पर ये पदार्थ छोड़े जाते हैं; (३) निक्षेपण (जमाव) द्वारा कौन-कौनसी स्थल की आकृतियों का विकास होता है; (४) निक्षेप करने वाली सरिता पर निक्षेपण का क्या प्रभाव होता है; और (५) सरिता का निक्षेपण मानव के लिए क्या लाभ और हानियाँ उपस्थित करता है?

निक्षेपण (जमाव) के कारण (Causes of deposition)

जब प्रवाहित जल अपना भार (load) अथवा उसका कुछ भार छोड़ता है तो उसका कारण सामान्यत यह होता है कि धारा के वेग (velocity) मे कुछ कमी आ जाती है। हम पहले ही कह चुके है कि किसी लघु सरिता के वेग को निर्धारित करने मे ढाल (gradient) और आयतन (volume) दो सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण तत्त्व है।

(१) **वेग की कमी** (Loss of velocity)—वेग की कमी का सामान्यतम कारण ढाल अथवा प्रवणता मे कमी का आ जाना होता है। प्रवाहित जल निम्न दो प्रकारो से अपने वेग को खो सकता है—(१) अचानक ही; जैसे—जब वह एक खडे ढाल से एक मन्द ढाल पर आता है अथवा किसी स्थिर जलराशि मे जा मिलता है, और (२) धीरे-धीरे, जैसे—किसी ऐसी घाटी मे उतरते हुए जिसकी प्रवणता (ढाल) क्रमश कम होती जाती है। अत हम प्रवाहित जल के प्रमुख निक्षेपो के लिए उन्ही स्थानो को देखते है जहाँ पर सरिता के वेग मे ये परिवर्तन उत्पन्न होते है। यदि आयतन (परिमाण) और ढाल स्थिर बने रहे तो सरिताएँ उन स्थानो पर भी मन्दतर हो जाती है जहाँ पर उनके जलमार्ग अधिक चौडे हो जाते है।

किसी सरिता के वेग मे कमी आने का एक गौण एव सामान्य कारण उसके आयतन की कमी का होना भी है। नदियाँ साधारणतया अपने निकास स्थानो (उद्गमो) से जितनी ही दूर होती जाती है, वे आकार मे उतनी ही बढती जाती है, किन्तु इस सामान्य नियम के अपवाद भी है—(१) जो सरिता किसी अति शुष्क प्रदेश मे होकर बहती है, उसकी सहायक नदियाँ और झरने न के तुल्य हो सकते है। दूसरी ओर, उसमे वाष्पीकरण भी अधिक होता है और कुछ जल इसके मार्ग की प्यासी मिट्टी और चट्टान वाली भूमि द्वारा भी सोख लिया जाता है। यदि भूमिगत जल का तल उस प्रदेश मे सरिता के तल से नीचे होता है तो वाष्पीकरण विशेष रूप से होता है। अत एक शुष्क प्रदेश मे बहने वाली सरिता जैसे-जैसे आगे बढती जाती है वैसे ही वैसे उसका आयतन कम हो सकता है और कभी-कभी तो वह पूर्णरूप से मिट भी सकती है (**पट्ट ७ और १५**)। (२) कोई सरिता विभिन्न धाराओ मे बँट सकती है (**चित्र १६५**), और प्रत्येक उपधारा का आयतन मूल धारा के आयतन से कम हो सकता है। (३) अनेक नदियो का अधिकाश जल, विशेषत अर्द्ध-शुष्क प्रदेशो मे, सिचाई के उद्देश्य से लिया जाता है और नदियो मे जल कम परिमाण मे रह जाने से वे छोटी हो जाती है। (४) बाढ के कम हो जाने पर जल के परिमाण मे अस्थायी कमी आ जाती है।

भार (load—बोझ) की वृद्धि बहते हुए जल को धीमी चाल से बहने के लिए बाध्य करती है। किन्तु जो सरिता अपने ही कार्यो से अपने भार को बढा रही होती है वह नदी जमाव करने वाली न होकर अपक्षरणकारी (eroding) होती है। कोई सरिता सूक्ष्म तलछट को उठाकर उसके स्थान मे भारी तलछट जमा कर सकती

है, किन्तु इस अवस्था मे ग्रहण किये जाने वाले सूक्ष्म पदार्थ की मात्रा (परिमाण) भारी तलछट के उस परिमाण की अपेक्षा अधिक होती है जो नीचे जमाया गया है। अत. अपक्षरण (erosion) निक्षेपण (deposition) से अधिक बडा होता है, और जो सरिता निक्षेपण से अधिक अपक्षरण करती है उसे निक्षेपणकारी सरिता नही कह सकते, जैसा कि सामान्यतः इस शब्द का प्रयोग किया जाता है।

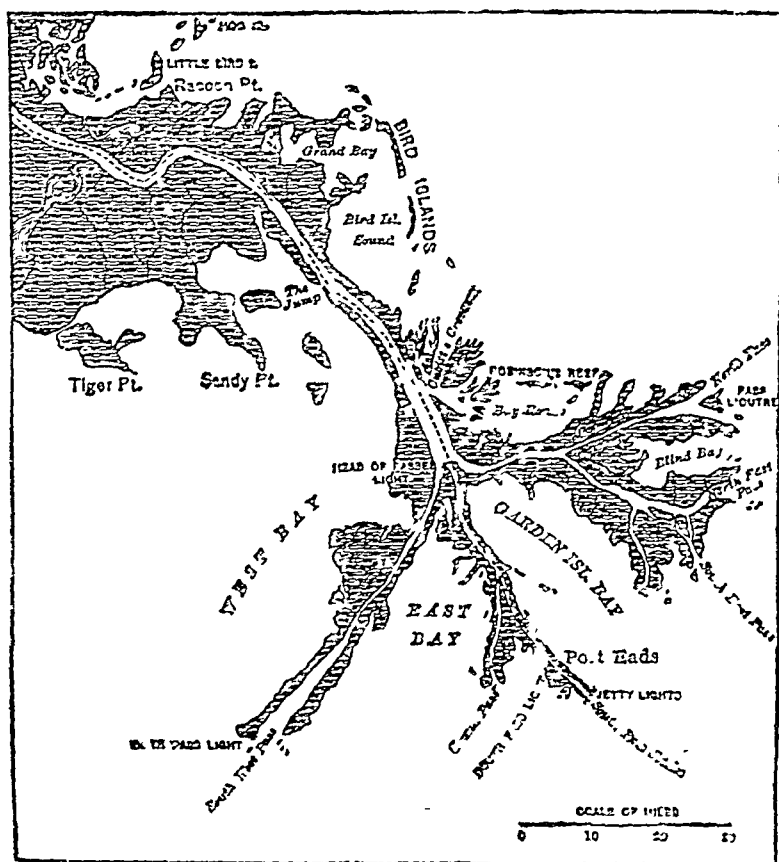



Fig. 165
The lower end of the Mississippi, showing its distri-
butaries. (*C. & G. Survey*)

(२) **सहायक नदियो द्वारा अत्यधिक वोझ** (Excess of load from tributaries)—उच्च ढाल (gradients) वाली सहायक नदियाँ अपनी मुख्य नदी मे इतना अधिक तलछट ला सकती हैं कि मुख्य नदी उसे ढोने मे असमर्थ रहती है। अत. किसी मुख्य नदी के जलमार्ग मे निक्षेपण का कारण यह भी कभी-कभी विशेषकर वहाँ होता है जहाँ पर्वतीय धाराएँ जिनकी प्रवणता अत्यधिक होती है, उन पुरानी धाराओ से मिलती है जो अपने जलमार्गों के ढाल को पर्याप्त नीचे के स्तर पर ला चुकी होती है।

कछारी निक्षेपो की स्थिति और स्थलाकृतिक रूप (Location of Alluvial Deposits and their Topographic Forms)

बहते हुए जल द्वारा निर्मित निक्षेप प्रधानत उन स्थितियो मे पाये जाते है जहाँ जल के प्रवाह को बाधा मिलती है अथवा प्रवाह रुक जाता है।

(१) **प्रपाती ढालो के आधारों पर** (At the bases of steep slopes)—प्रत्येक वर्षा पहाडियो के ढालो पर से सूक्ष्म तलछट को बहाकर नीचे लाती है और इस तलछट का अधिक भाग ढालो के आधारो पर रुक जाता है। ऐसी परिस्थितियो मे, किन्ही-किन्ही अवस्थाओ मे, बाडे (fences) थोडा-थोडा करके इस प्रकार मे जमा की हुई कीचड मे दब जाते है। वर्षा द्वारा उत्पन्न अस्थायी सरिताएँ कभी-कभी प्रपाती ढालो मे नीचे बहती है और उनके आधारो पर आकर अचानक उनकी गति

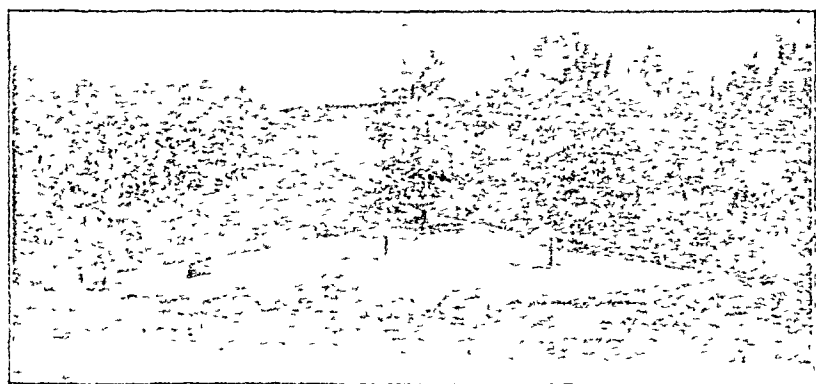



Fig 166
An alluvial cone (*U S Geological Survey*)

रुक जाती है। ऐसी सरिताएँ अपने सिरो की ओर वाले (headlong—शिरोभिमुख) मार्गो मे ढालो के नीचे आते समय बहुत-सा मलवा एकत्रित करती है और उसको वे वही पर छोड देती है जहाँ उनका वेग अचानक ही रुक जाता है। इस प्रकार पहाडी के पार्श्वो पर नई बनी हुई प्रत्येक जलदरी (gully) के निचले सिरे पर मलवे का एक ऐसा ढेर जमा हो जाता है जो स्वय जलदरी के भीतर से धुलकर आया था (चित्र ६३ और १६६)। ऐसी स्थितियो मे पदार्थ एक अपूर्ण शकु (partial cone) के रूप मे एकत्रित होता है। ऐसे शकु को **जलोढ अथवा कछारी शंकु** (alluvial cone) कहते है। जलोढ और भग्नाश्म-राशि शकु (talus) शकुओ मे अनेक समानताएँ पायी जाती है, किन्तु जलोढ शकु मे गुरुत्व-शक्ति पदार्थ को जल की सहायता से नीचे लाती है, जबकि द्वितीय प्रकार मे गुरुत्व-शक्ति पदार्थ को बिना जल की सहायता के अथवा उसकी केवल किंचित सहायता मात्र से ही नीचे ले आती है। दोनो प्रकार के शकुओ के मध्य अनेक प्रकार मिलते है।

अन्य स्थानो की अपेक्षा अर्द्ध-शुष्क प्रदेशों में यदि प्रपाती ढाल वर्तमान होते है तो उल्लेखनीय जलोढ़ शकु प्रायः अधिक मिलते है, क्योकि ऐसे प्रदेशो में वर्षा अनिश्चित होती है और कभी-कभी होने वाली भारी वर्षा जिसके कारण अस्थायी और शक्तिशाली धाराओ की उत्पत्ति होती है, बड़े आकार के शकुओ के विकास के लिए अनुकूल होती हैं। ऐसे अनेक प्रदेशो मे द्वितीय प्रकार के बहुत बड़े शंकु विकसित हो जाते हैं। सयुक्त राज्य की बड़ी द्रोणी (Great Basin) मे पर्वत-श्रेणियों के आधारों पर स्थित कुछ दोनों ही प्रकारो के शकु पर्वतो से ६०० अथवा ९०० मीटर (२,००० अथवा ३,००० फुट) ऊँचे बताये जाते हैं।

जलोढ़ अथवा कछारी पंख (Alluvial fan)—यह जलोढ़ शकु के समान ही होता है; अन्तर केवल यह है कि पख के ढाल का कोण नीचा होता है। वास्तव मे ढालो के आधारो पर एकत्रित अधिकांश जलोढ राशि के लिए **शंकु** की अपेक्षा **पंख** शब्द अधिक उपयुक्त है। पख का कम प्रपाती ढाल इन कारणो से हो सकता है कि जहाँ वह विकसित होता है वहाँ पर ढाल का परिवर्तन कम आकस्मिक हो, उसके निक्षेपण से सम्बन्धित जल का परिमाण अपेक्षाकृत अधिक हो और मलबे का परिमाण अपेक्षाकृत कम हो अथवा वह अधिक सूक्ष्म हो। ढाल मे कम परिवर्तन, अधिक जल और कम तथा सूक्ष्मतर पदार्थ, ये सभी बाते शकुओ की अपेक्षा पंखों के विकास के लिए अधिक अनुकूल होती हैं। प्राय. सभी तरुण सरिताएँ जो पर्वतो से नीचे आती है, जिस स्थान पर पर्वत को छोडती है वहाँ पर पख बनाती है। जैसे—सीरियाज (Sierras) पर्वत से कैलीफोर्निया की बडी घाटी मे उतरने वाली नदियाँ पर्वतो के आधार पर बडे-बडे पख बनाती है। इसी प्रकार राकी पर्वतो से उसके पूरब की ओर के मैदानो मे उतरने वाली नदियाँ अधिकाशत यही काम करती है। पर्वतो से नीचे आने वाली अनेक नदियों के पख कई किलोमीटर के विस्तार के होते है। उदाहरण के लिए, कैलीफोर्निया मे मरसीड (Merced) नदी का पख लगभग ६४ किलोमीटर (४० मील) के अर्द्धव्यास का है।

पडोसी सरिताओ द्वारा बनाये गये पख पार्श्वत. (laterally) यहाँ तक बढ सकते है कि अन्त मे वे एक दूसरे मे विलीन हो सकते है। ऐसे कई पखो का सयोग एक **संयुक्त जलोढ़ पंख** (compound alluvial fan) अथवा एक **पर्वत प्रान्तीय जलोढ़ मैदान** (piedmont alluvial plain) (**पट्ट १५**) बना देता है। इस प्रकार के मैदान अधिकाश उल्लेखनीय पर्वत-श्रेणियो के आधारो पर पाये जाते है। ऐसी ही अनेक परिस्थितियो मे जलोढ पदार्थ (alluvial material) की गहराई बीसियो अथवा सैकडो मीटर तक भी होती है।

जलोढ़ शकु और पख अपने बनाने वाले जल के मार्ग को भी प्रभावित करते हैं। शकुओ और पखो का शिथिल मलबा बहुत अधिक जल सोखता है और पर्याप्त बडी सरिता का जल भी उसके पख मे डूब सकता है (**पट्ट १५**)। जल के दिखाई न देने के पहले सरिता अनेक छोटी धाराओ मे विभक्त हो सकती है। ऐसा होने का कारण यह है कि नदी द्वारा अपने जलमार्ग में जमाया गया तलछट जलमार्ग को

इतना छोटा वना देता है कि वह समस्त जल को ग्रहण करने मे असमर्थ हो जाता है। अतएव कुछ जल ऊपर होकर (जलमार्ग से वाहर) वह जाता है और अपने लिए एक नया जलमार्ग वना लेता है। वह निक्षेप जो जलमार्ग को रोक लेता है, निम्न वातो का परिणाम हो सकता है—(१) जल का कम हो जाना, अत क्रिया का कम हो जाना, अथवा (२) सोख लिये जाने के कारण जल की मात्रा का कम हो जाना। इस प्रकार वनी हुई वितरण करने वाली धाराएँ (distributaries) छोटी होने के कारण, जिस सरिता से उत्पन्न हुई है, उसकी अपेक्षा धीमी गति वाली होगी, और इसी कारण उनके रुक जाने की आशका अधिक होती है। अत. वे अन्य छोटी वितरण करने वाली धाराओ को उत्पन्न करती है। इस प्रकार से प्रमुख नदी का जल सम्भवत. अपने पख के ऊपर फैल सकता है और सरिता अदृश्य हो सकती है।

पूर्ण विकसित पखो और शकुओ के अतिरिक्त जो ढाल प्रपाती (steep) नही है उनके आधारो पर वहुत-सा तलछट रहता है। ऐसी अवस्थाओ मे जलोढ़क (alluvium) की कोई स्पष्ट स्थलाकृति नही होती है। ढालो के आधारो (bases) पर इस प्रकार का मलवा प्राय. उतना ही विस्तृत होता है जितने कि ढालो के आधार होते है।

अनेक जलोढ पख और पर्वत प्रान्तीय जलोढ मैदान कृषि के लिए पर्याप्त उपयोगी होते है। उदाहरण के लिए, कैलीफोर्निया के कुछ भागो मे कछारी भूमि इतनी मूल्यवान है कि अधिकाश जोत (holdings) छोटी और अत्यन्त विकसित है। अर्द्ध-शुष्क प्रदेशो में भी इनमे से कुछ विस्तृत रूप से खेती के काम आते है। इनको सिचाई के लिए जल निम्न प्रकारो से मिलता है—(१) कुओं द्वारा, जिनके द्वारा पख के मलवे को सोखे हुए जल को दे देने के लिए वाध्य किया जाता है, अथवा (२) सिचाई की खाइयो (irrigation ditches) द्वारा, जो नदी से मिला दी जाती है और नदी के स्वाभाविक जलमार्ग से जल को वाहर पंख अथवा मैदान के ऊपर से नीचे की घाटी मे ले आती है।

त्रुटियुक्त जलोढ़क (Ill-defined alluvium)—साधारणतया जलोढ निक्षेप विस्तृत रूप से पाये जाते है। स्थल के तल का एक विशाल भाग न्यून जलोढ पदार्थ से ढका हुआ है जवकि सापेक्षतया स्थल का कम भाग पर्याप्त मात्रा के जलोढ पदार्थ से ढका हुआ है। कछारी पदार्थ की सामान्य सहज प्रवृत्ति ढालो को समतल वनाने की होती है। इसलिए जलोढ पख और शकु अपने ऊपर के प्रपाती ढाल और अपने नीचे के मन्द ढाल को समान रूप (harmony) देने का प्रयास करते है।

(२) **घाटियो के नितल में** (In valley bottoms)—जो नदी अपने जलमार्ग मे निक्षेप (deposits) वनाती है, वह जलमार्ग के आकार को कम कर देती है। कालोपरान्त वह मार्ग समस्त जल को धारण करने के लिए अत्यधिक छोटा हो सकता है। तव कुछ जल अलग हो जाता है और समपृष्ठ घाटी (valley flat) मे एक नया मार्ग वना लेता है। यह विधि वारम्वार दुहरायी जा सकती है (**चित्र १६७** और **१६८**)। पलट जाने वाली धारा (diverging stream—अपसारी धारा) प्रमुख

धारा में वापस लौट भी सकती है, और नहीं भी। किसी नदी के कई भागों में छिन्न-भिन्न होने की क्रिया, विशेषत. जब जल कम होता है, इस सीमा तक बढ़

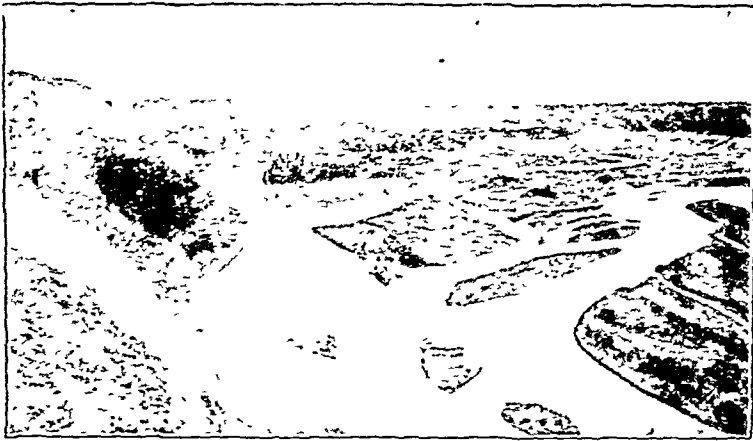



Fig 167
A branching stream. Junction of the Cooper and Yukon rivers, Alaska shows also bars etc.
(*U. S. Geological Survey*)

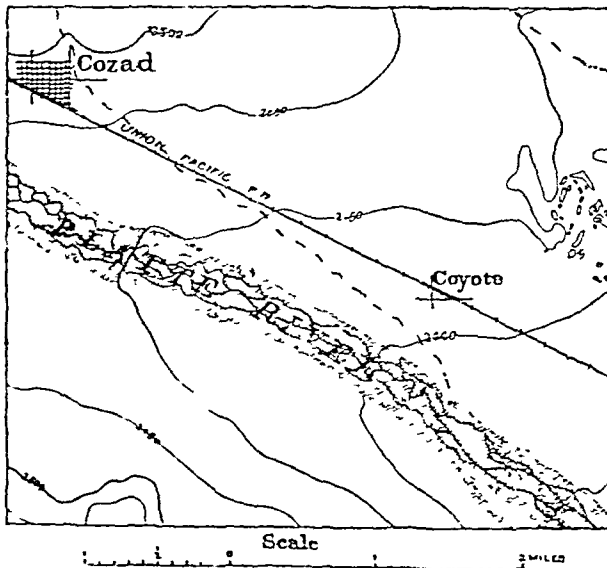



Fig. 168
A braided river, Dawson Co , Neb.
(*U. S. Geological Survey*)

सकती है कि प्रमुख जलमार्ग कहलाने योग्य कुछ शेष बचे ही नहीं, तो सरिता लघु सरिताओं का एक जाल-सा बन जाती है अथवा एक गुथी हुई सरिता (braided

stream) बन जाती है। Nebraska (U. S A.) मे प्लेट नदी इसका एक अच्छा उदाहरण है (**चित्र १६८**)। यह अवस्था जल के कम रह जाने पर ही उपस्थित होती है। अधिक जल होने पर सम्पूर्ण समतल घाटी (flat), जिसमे **चित्र १६८** के अनुसार लघु सरिताएँ बहती है, जल से ढक जाती है और एक ही नदी की तलैटी बन जाती है (**पट्ट १६**)।

कोई-कोई सरिताएँ, चाहे वे आपस मे गुथे भी नही, अपने जलमार्ग मे बालू की भित्तियो को जमा कर देती है (**चित्र १६७**), ऐसा विशेषकर तब होता है जब जल की मात्रा कम होती है। ऐसी भित्तियाँ नाव चलाने के कार्य मे बाधक होती है और अनेक नाव चलाने योग्य सरिताओ के निचले भागो मे नदी-यातायात के लिए सकट उत्पन्न करने का स्थायी साधन बन जाती है। कम गहराई के जल मे जमा की हुई भित्तियाँ (bars) किन्ही अवस्थाओ मे बाढ के दिनो मे बह जाती है क्योकि उस समय सरिता का वेग बढ जाता है। कुछ भित्तियाँ न्यूनाधिक रूप मे स्थायी द्वीप बन जाती है। यदि वे जगलो से ढक जाती है तो वे बाढ की तीव्र धारा से भी अपक्षरित (eroded) नही हो पाती क्योकि वृक्षो की जडे बचाव का प्रबल प्रभाव रखती है।

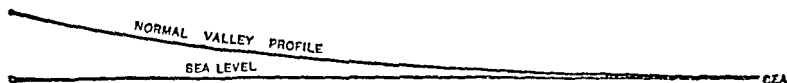



Fig 169
Profile of a normal valley.

अधिकाश घाटियो की पार्श्विका (profiles) वक्र (curves) होती है। जैसे ही जैसे सरिता का निचला सिरा पास आता जाता है वैसे ही वैसे ढाल कम प्रपाती होता जाता है (**चित्र १६९**)। अत ऐसा होता है कि जब सरिता अपनी घाटी मे नीचे उतरती है तो उसके किसी ऐसे विन्दु पर पहुँचने की सम्भावना रहती है जहाँ उसकी घटी हुई प्रवणता (reduced gradient) उसके वेग को इतना कम कर देती है कि उसे अपने कुछ बोझ को त्याग देना ही पडता है। इस प्रकार से घाटियो की तलैटियो मे बहुत दूरी तक तलछट फैल जाता है। यह तलछट सरिता के जलमार्गो मे छोड दिया जाता है और उनके बाढ के मैदानो पर फैलकर उनको ऊँचा उठाकर उन्हे कछारी मैदान (alluvial plains) बना देता है। किसी ऐसी घाटी मे, जिसमे समतल मैदान (flat) नही होते, यह निक्षेपण समतल मैदान विकसित करता है (**चित्र १७०**)।

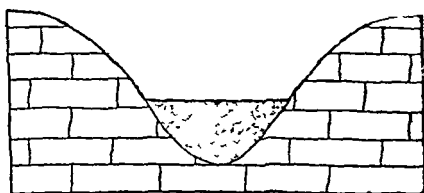



Fig 170
Flat developed by aggradation—diagrammatic.

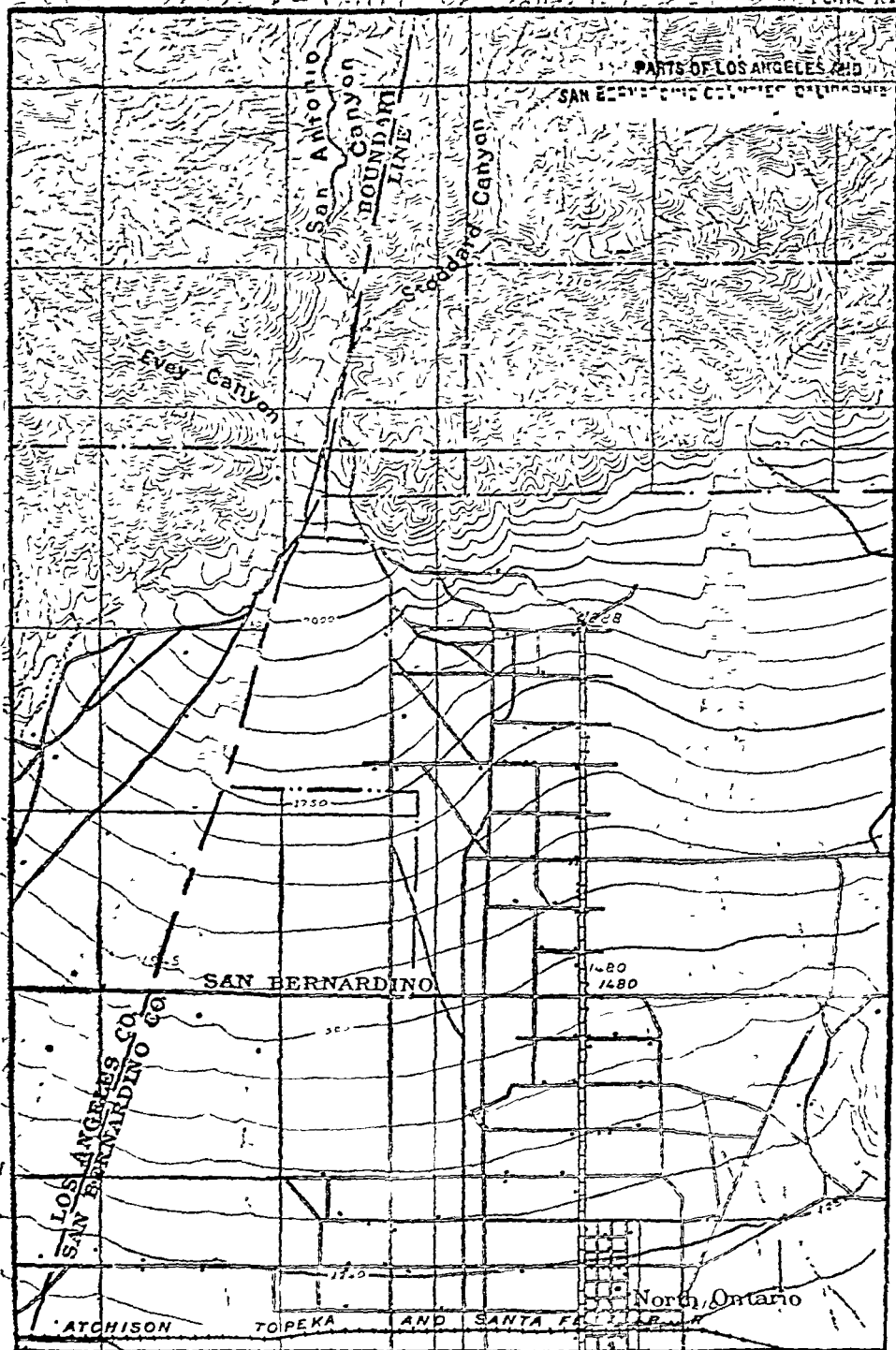
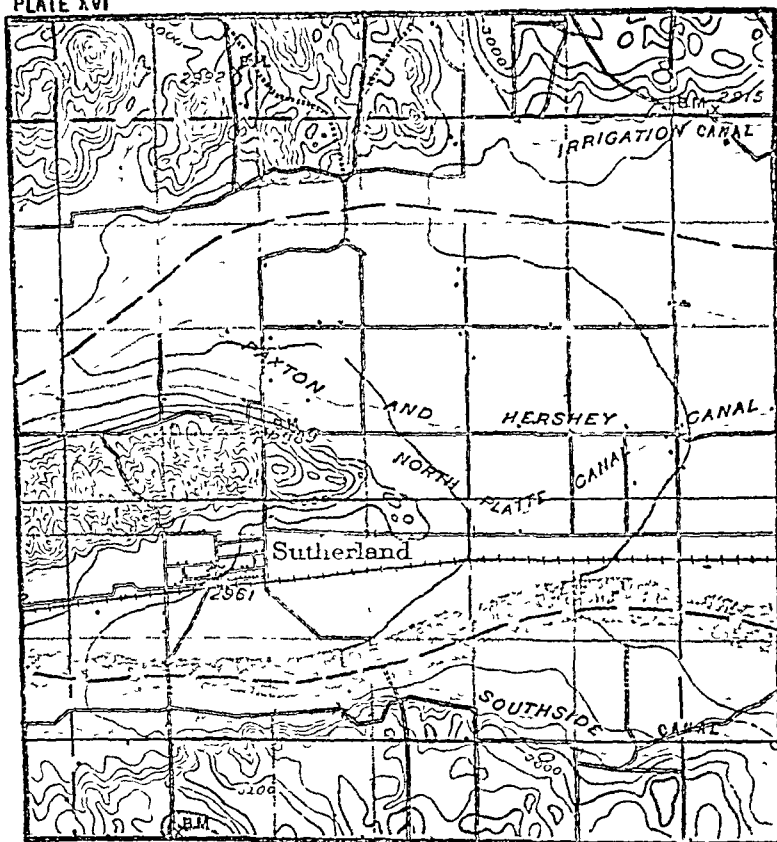



PLATE XV

A piedmont alluvial plain or compound alluvial fan in Southern California. Scale 1— mile per inch. Contour interval 50 feet. (Cucamonga Sheet. U. S. Geol. Surv.)

PLATE XVI

The alluvial plain of the Platte rivers in Nebraska. The South Platte is braided and the North Platte shows bars. The map also shows irrigating canals leading out from the river. Scale 2— miles Per inch. Contour interval 20 feet (Paxton Sheet, U S. Geol. Surv.)

निक्षेपण का समतल घाटियों की स्थलाकृति पर न के तुल्य प्रभाव पड़ता है, फिर भी, कतिपय गौण आकृतियाँ उल्लेखनीय हैं। इनमें से प्राकृतिक बाँध (natural levees) प्रमुख हैं। इस शब्द का प्रयोग जलभार्ग के किनारों पर स्थित नदियों के समतल मैदानो पर मिलने वाले कम ऊँचाई के कटकों के लिए होता है (चित्र १७१) ऐसे कटक बाढ़ के समय मे बनते हैं। ऐसे अवसरो पर मुख्य जलमार्गों मे धारा तीव्र होती है, किन्तु जैसे ही पानी जलमार्ग से बाहर निकलकर समीप के समतल पर फैल जाता है, वैसे ही तुरन्त ही उसका वेग रुक जाता है, क्योंकि उसकी गहराई अचानक ही कम हो जाती है। अतएव जल को अपने बोझ के अधिक भाग को वहीं और उसी समय छोडने के लिए बाध्य होना पडता है। इस अवस्था में बारम्बार किया हुआ निक्षेपण प्राकृतिक बाँधो (levees) को उत्पन्न करता है। कुछ प्राकृतिक बाँध पर्याप्त ऊँचे और क्रमबद्ध होने के कारण सहायक नदियों के मार्ग को बदल देने मे समर्थ

Fig. 171

Levees of the Mississippi in cross-section, 6 kilometre north of Donaldsonville, La Vertical scale ×50. The horizontal line represents sea-level. The bottom of the channel here is far below sea-level.

होते है। इसका उत्तम उदाहरण मिसीसिपी नदी की सहायक नदी याजू (Yazoo) से मिलता है जो मिसीसिपी के समतल मैदान मे लगभग ३२० किलोमीटर (२०० मील) बहने के बाद उससे मिल पाती है। विक्सबर्ग (Vicksburg) के समीप मिसीसिपी अपनी घाटी के पूरब की ओर मुड जाती है और इस प्रकार अपनी उस सहायक से मिलती है जिसे बाँधो ने अलग कर रखा है। लुसीआना (Louisiana) और मिसीसिपी की प्रारम्भिक बस्ती मिसीसिपी, उसकी सहायक और वितरक सरिताओ के बाँधो के साथ-साथ सकीर्ण पेटियो (belts) मे अधिकाशत विनरित थी। यही पर पहले से ही निर्मित राजपथ के समीप उच्चतम, शुष्कतम और उर्वरा भूमि थी।

बाढ़ के मैदान का विसर्पण (Flood plain meanders—**बाढ़ के मैदानों मे नदियो का सर्प की भाँति टेढा-मेढा चलना**)—जिस सरिता का मैदान कछारी (alluvial) होता है उसमे विसर्पण की सम्भावना पर्याप्त होती है (पट्ट ९, १० और ११)। यह क्रिया जल के कम वेग के कारण उत्पन्न होती है। कम वेग के कारण सरिता सरलता से ही इधर-उधर को मुड जाती है। यदि ऐसी सरिता का मार्ग सीधा कर भी दिया जाए तो शीघ्र ही वह पुन: टेढा-मेढा हो जाएगा। चित्र १७२ और १७३ द्वारा परिवर्तन का ढग बताया गया है। नदी के किनारे, यदि कुछ स्थानो पर अन्य किनारो की अपेक्षा कम रुकावट डालने वाले (resistant—प्रतिरोधी) होते हैं, जैसा कि सदा हुआ ही करता है, तो सरिता पहले उन्हीं स्थानो को काटती है। यदि जलमार्ग की समाकृति (configuration) ऐसी ही है कि किसी दिये हुए बिन्दु 'b' (चित्र १७२) के विरुद्ध धारा को संचालित कर दे तो पदार्थ की असमानता के न

होने पर भी परिणाम वही होगा। जब एक बार किनारे मे वक्रता आरम्भ हो जाती है तो वह उस धारा द्वारा बढा दी जाती है जो उसमे सचालित होने लग जाती है। इसके अतिरिक्त जब धारा वक्र से बाहर आती है तो वह विपरीत किनारे के विरुद्ध टकराती है और उस स्थान पर भी एक वक्र विकसित कर देती है। इस वक्र से निकलता हुआ जल दूसरे वक्र को विकसित करता है, और इस प्रकार मे यह क्रम चलता ही रहता है।

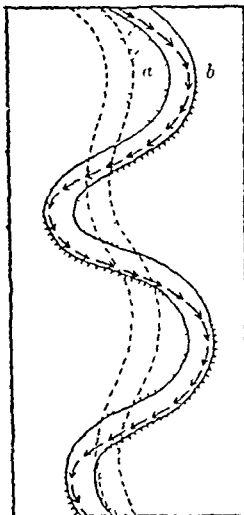



Fig. 172

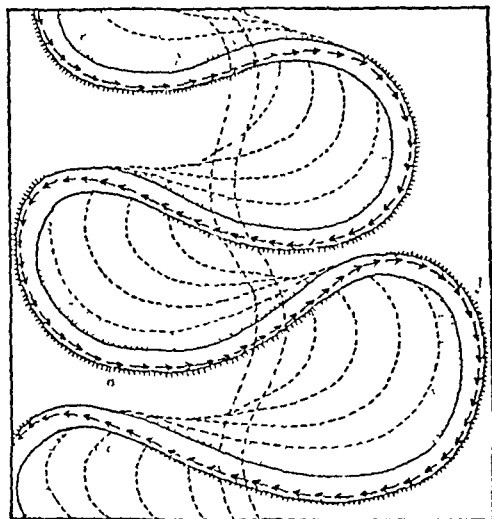



Fig 173

Fig. 172 Diagram illustrating an early stage in the development of river meanders The dotted area represents the area over which the stream has worked.

Fig. 173 A later stage in the development of meanders.

एक बार आरम्भ हो जाने पर वक्र अथवा विसर्पण अधिकाधिक स्पष्ट होते रहते है (**चित्र १७३**)। **पट्ट ९** के **चित्र १** द्वारा बतायी गयी अवस्था मे वक्रो के मध्य स्थल की सकीर्ण गरदन लगभग सम्पूर्ण कट गयी है। इस कटाव के पूर्ण हो जाने पर सरिता अपने चौडे वक्र को त्याग देगी। इस विधि की बाद वाली अवस्था को **पट्ट ९** के **चित्र २** मे प्रदर्शित किया गया है।

जब कोई सरिता अपने विसर्पण (मोड) को काट देती है तो जलमार्ग का छोडा हुआ भाग तलछट से खाली रह सकता है। यदि उसका जल स्थिर हो जाए तो वह एक झील बन जाता है (**चित्र १७४**)। कुछ इस प्रकार की झीले ऑक्स-बो (ox-bow) के आकार की होती है और उन्हे धनुपाकार झीले (ox-bow lakes) कहते है (**पट्ट ९** और १०)। उनको कुण्डल का सार (bayous) भी कहते है।

निक्षेपण और विसर्पण के परिणामस्वरूप सरिताओ ने अपने मार्गो के परिवर्तन द्वारा मानवीय हितो को अनेक प्रकार से प्रभावित किया है। किसी सरिता के तटो पर

बसे हुए कुछ गाँव जो वहाँ नदी यातायात (river traffic) की अनुकूल परिस्थिति के कारण बसे थे, सरिता के मार्ग-परिवर्तनों के कारण त्याज्य हो गये हैं। ऐसे अधिकांश ग्राम नदी की सन्निकटता समाप्त हो जाने पर नष्ट हो जाते हैं, कुछ पूर्णत: नष्ट हो गये हैं और कुछ को अधिक व्यय करके सुरक्षित रखा गया है। १८१९ ई० तक इलिनायस (Illinois) की राजधानी कसकास्किया (Kaskaskia) मिसीसिपी नदी के बाढ़ के मैदान में स्थित थी। १८८१ ई० में नदी के एक जलमार्ग के परिवर्तन ने गाँव के विशालतर भाग को एक द्वीप के रूप में बदल दिया था, जिसका (द्वीप) अन्तिम चिह्न भी १८९९ ई० में बह गया। कुछ नदियों को उनके जलमार्गों में ही बहते रहने के लिए पर्याप्त धन व्यय किया जाता है। इसके अतिरिक्त सरिताएँ कुछ अवस्थाओं में जिलों और राज्यों के बीच की सीमाओं को निर्धारित करती हैं। ऐसी अवस्था में सरिता का स्थान-परिवर्तन भूमिखण्ड को एक दूसरे को हस्तान्तरित कर सकता है। कभी-कभी इसको रोकने के लिए जटिल कानूनी विधियाँ, और सीमाओं की जटिल परिभाषाएँ बनानी पड़ती हैं। परिस्थिति वहाँ पर और भी अधिक गम्भीर हो जाती है जहाँ कोई सरिता अन्तर्राष्ट्रीय सीमा बनाती है। स्थानान्तरण करने वाली सरिता वहाँ पर सन्तोषजनक सीमा नहीं बना पाती है।

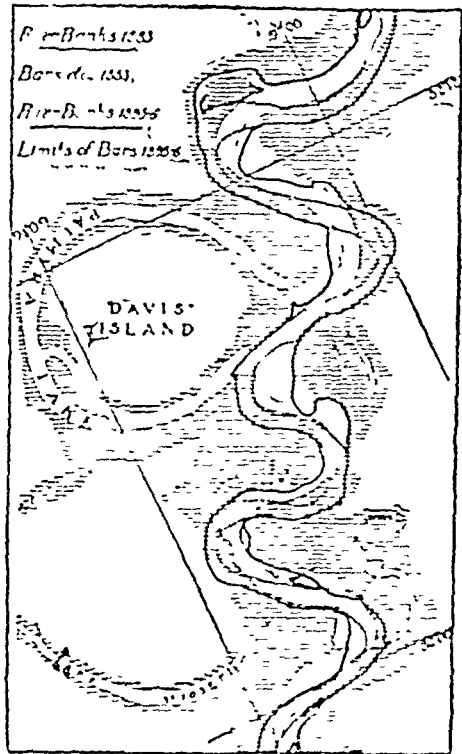



Fig 174

Meanders and cut-offs in the Mississippi Valley below Vicksburg The figure shows the migration of the meanders down stream and their tendency to increase in size.

कछारी मैदानों की उर्वरता (Fertility of alluvial plains)—अनेक कछारी मैदान अत्यन्त उपजाऊ होते हैं और कृषि के उद्देश्य से अत्यन्त मूल्यवान गिने जाते हैं। यह बात प्राचीनकाल में भी उतना ही सत्य था जितना कि आज है। नील (Nile) पो (Po) और दक्षिणी एशिया की अनेक नदी-घाटियाँ प्राचीन सभ्यता के उद्यान-स्थल (garden-spots) थे। नवीन मिट्टी (silt) और खाद के निक्षेप ऐसे मैदानों की मिट्टी को निरन्तर नई और उपजाऊ बनाते रहते हैं। प्रारम्भिक सभ्यताएँ घाटी के मैदानों के साथ सर्वथा इस प्रकार जुड़ी हुई थी कि ८०० ईसा-पूर्व का काल इतिहास में उचित रूप से ही नदी-काल (fluvial period) कहा गया है। **प्रत्येक**

Fig. 175 A cement-lined canal prepared for irrigation Truckee-Carson project, Nev The cement-lining prevents free seepage. (*U S Geological Survey*)

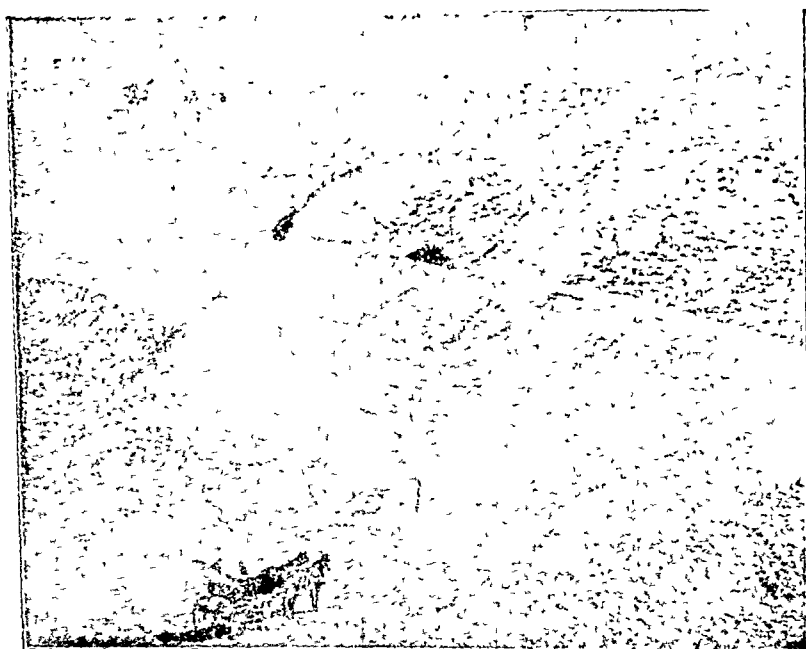



Fig 176 An irrigating canal not cemented, before the water is turned in Salt River Valley, Ariz (*U. S. Geological Survey*)

देश मे अति प्राचीनकाल से ही नदी-घाटियाँ निवास के योग्य मानी और चाही गयी है। अमरीका मे प्रारम्भिक काल से ही निवास के लिए घाटियो की तलाश रही है। वरजीनिया (Virginia) और मेरीलैण्ड (Maryland) मे आरम्भिक बस्तियाँ जेम्स (James) और पोटोमैक (Potomac) की घाटियो मे ही बनायी गयी थी। ऐसे ही पेंसिलवेनिया (Pennsylvania) क्षेत्र मे डेलावेयर (Delaware), शीलकिल (Schuylkill) और ससकेहाना (Susquehanna) नाम की नदियो की घाटियो मे ही बस्तियाँ बसायी गयी थी। न्यूयार्क (New York) प्रदेश की मुख्य बस्तियाँ पर्याप्त लम्बे समय से ही हडसन (Hudson) और मोहौक (Mohawk) नामक नदियो की घाटियो मे ही सीमित रही है, और जब मैसाचुसेट्स (Massachusetts) की आरम्भिक बस्तियाँ तट के परे फैलने लगी तो उन्होने कनैक्टीकट की घाटी (Connecticut Valley) को भी घेर लिया।

समतल घाटियाँ (valley flats) और कछारी पंख (alluvial fans) दोनो ही सिंचाई के लिए अनुकूल होते है। **चित्र १७५** और १७६ सिचाई की नहरो तथा बडी खाइयो को दिखाते है और **चित्र १७७** जल से भरी हुई एक नहर को चित्रित

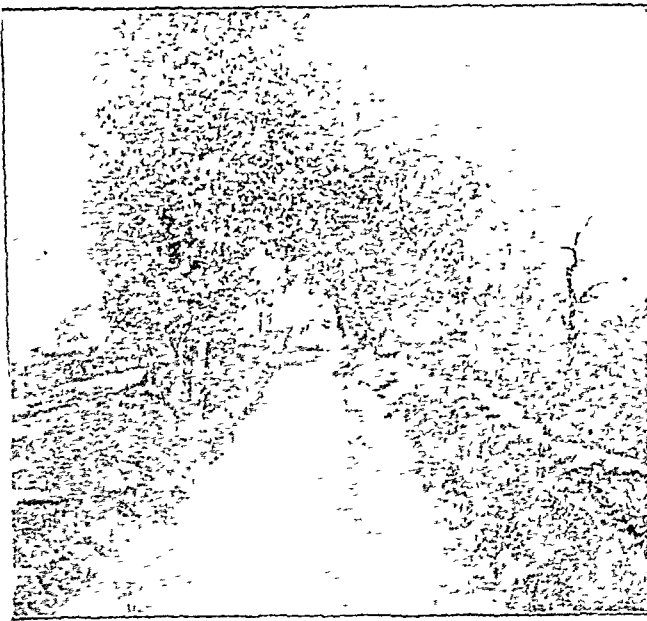



Fig 177
An irrigating canal filled with water, Salt River Valley, Ariz. (*U. S. Geological Survey*)

करता है। **चित्र १७८** एक ऐसे खेत को चित्रित करता है जो सिचाई के लिए खाइयाँ खोदकर तैयार किया गया है। जल, आवश्यकतानुसार, नहरो से खेत की छोटी-छोटी खाइयो मे भरा जाता है। सयुक्त राज्य के पश्चिमी भागो मे स्थित अर्द्ध-शुष्क भूमि

की सिचाई की दिशा मे पर्याप्त उन्नति हो चुकी है। इस प्रकार उपयोग मे लायी गयी भूमि अधिकाशत घाटियो तथा पर्वतो से सटे हुए मैदानो मे ही स्थित है। सिचित एव सिचन के योग्य भूमि का सामान्य वितरण चित्र १७६ मे दिया गया है। पर्वतीय प्रदेशो मे अनुकूल स्थानो पर सरकार ने बाँध (dams) बनाये है ताकि वर्षा के जल को जलाशयो (reservoirs) मे एकत्रित किया जा सके और उस जल को नीचे के मैदानो मे फसल के दिनो मे बाँध से निकालकर सिचाई के प्रयोग मे लिया जा सके। बाँधो के लिए चुने जाने वाले अधिकाश स्थान पर्वतीय घाटियो के सँकरे स्थान ही होते है।

नदियों की बाढ़ें (River floods)—यद्यपि कछारी मैदान बडे लाभदायक होते है, फिर भी वे कृषि प्रदेशो के रूप मे सर्वथा निर्दोष नही होते, क्योंकि उनमे प्राय. बाढे आती हैं जो धन और जन दोनो के लिए ही बडी घातक होती है।

अनेक बडी नदियो की घाटियो से बाढो के विध्वसकारी उदाहरण उपलब्ध हैं। सन् १८९७ की वसन्त ऋतु मे लोअर मिसीसिपी के बाढ के मैदान की सहस्रो वर्ग किलोमीटर भूमि जलमग्न हो गयी थी, जिसके परिणामस्वरूप अनुमानत. ५०,००० से ६०,००० लोगो को भयकर हानि सहन करनी पडी थी। इन्ही लोअर मिसीसिपी और ओहियो नदियो की सन् १८८१ और १८८२ की बाढो से अनुमानत १,५०,००,००० डालर की हानि हुई थी और १३८ मनुष्य अपने जीवन को खो बैठे थे। अकेली ओहियो नदी की ही बाढ़ो से सन् १८८४ मे १,००,००,००० डालर और सन् १९०३ मे ४,००,००,००० डालर की हानि होने के अनुमान है। सन् १९०४ मे विध्वसकारी बाढ बाबस (Wabash) और दूसरी ससकेहाना (Susquehanna) नदियो की घाटियो में आयी थी। प्रत्येक बाढ ने लगभग १,००,००,००० डालर तक की सम्पत्ति नष्ट कर दी थी।

सन् १९१३ के मार्च के महीने मे ओहियो और इण्डियाना नाम की नदियो मे भयकर बाढे आयी थी। २२ मार्च से २७ मार्च तक के पाँच दिनो मे ही, मुख्यत. मियामी (Miami) और सियोटो (Scioto) नदियों की घाटियो में, मियामी बेसिन मे २० सेण्टीमीटर दैनिक औसत वर्षा हुई थी। भूमि पहले से ही जल से तर थी, अत वर्षा के जल का अधिक भाग धरातल पर फैल गया। अत्यधिक हानि मियामी नदी पर स्थित डेटन (Dayton) नगर को हुई थी। नगर का अधिकाश भाग बाढ के मैदान पर बना हुआ है। नदी मे ८ मीटर (५ मील) जल के चढाव से नगर की रक्षा के लिए बाँधो (levees) का निर्माण किया गया था। परन्तु जल उनके ऊपर होकर निकल गया और जब बाढ अपनी उच्चता पर थी, नगर का अधिक भाग ३ मीटर जल के नीचे था। डेटन मे अनुमानत ३,००,००,००० डालर की सम्पत्ति नष्ट हुई थी।

इसी काल मे सियोटो नदी पर स्थित कोलम्बस नगर को भी भयकर हानि उठानी पडी थी। नगर के अनेक भाग जलमग्न हो गये परन्तु सर्वाधिक हानि रेलो

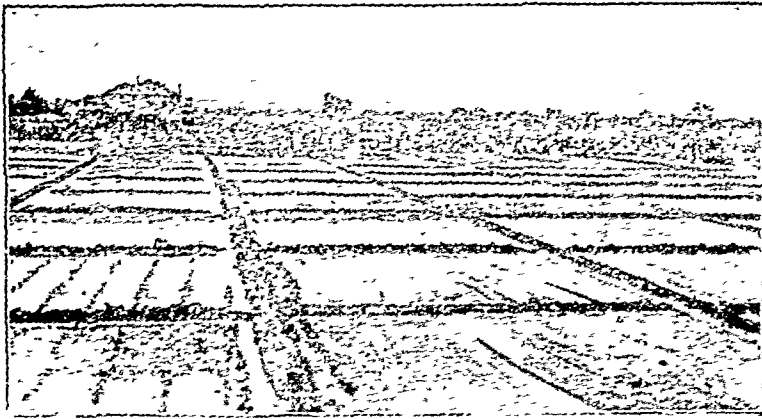



Fig. 178

Fields prepared for irrigation by methods of squares. Las Cruces, N. M. (*Photogiaph by Fairbanks*)

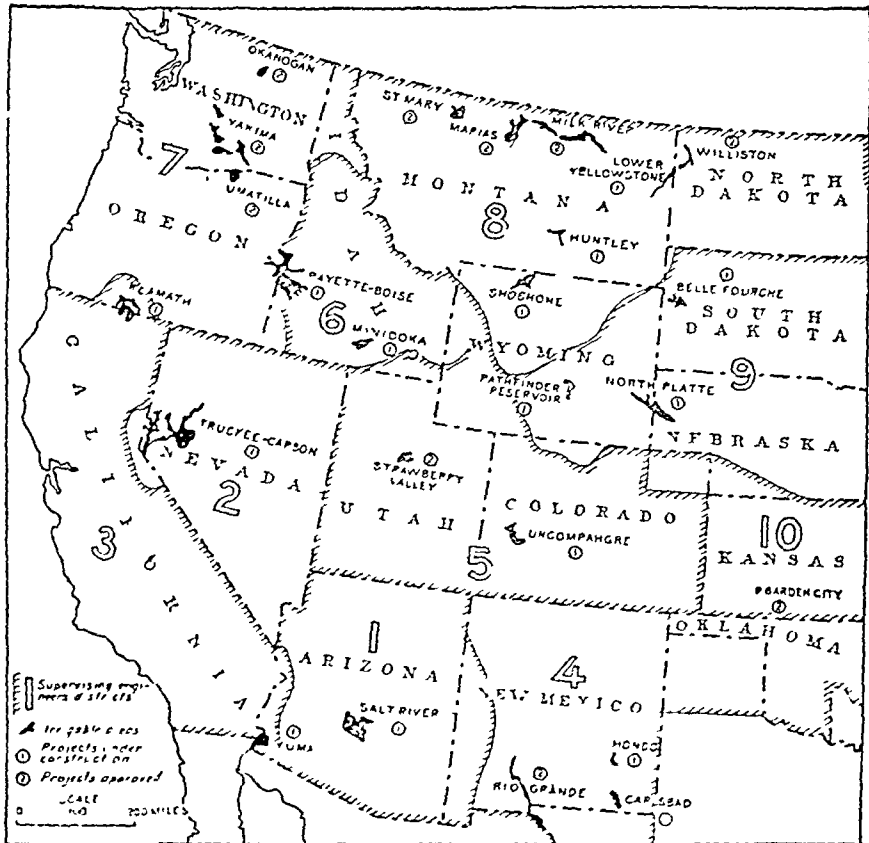



Fig 179

Map showing irrigation projects completed and under construction ; Spring, 1906 (*Blanchard*)

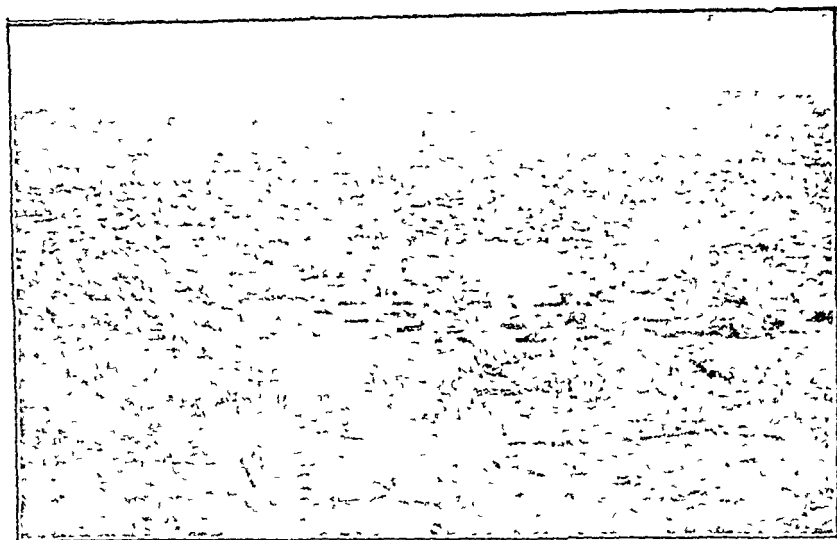



Fig. 180
A type of the arid lands of the West before irrigation.
(*U S Geological Survey*)

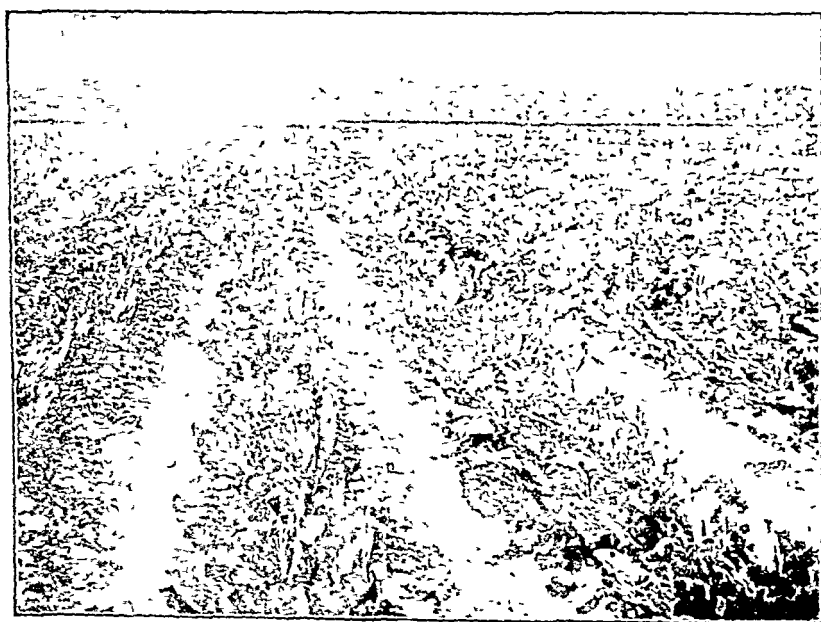



Fig 181
The same type of land shown in Fig. 180, after irrigation. Salt River Valley, Ariz (*U S. Geological Survey*)

की हुई। इन रेलों में से कुल रेलो के मार्ग बाँधों (levees) पर होकर थे। B. and O. Railway की सूचना के आधार पर १२ पुलो सहित २५,००,००० से ३०,००,००० डालर तक की हानि होने का अनुमान है; और Big Four Railway के ४० पुल नष्ट हो गये थे और ४० किलोमीटर से ४८ किलोमीटर (२५ मील से ३० मील) तक की लम्बी रेल की पटरी बह गयी थी।

इण्डियाना राज्य में व्हाइट नदी पर स्थित इण्डियानापोलिस (Indianapolis) नगर भी इसी तूफानी प्रदेश मे था और इसी कारण नगर को भयंकर हानि उठानी पड़ी थी। जितना ऊँचा पानी पहले कभी नही चढ़ा था, उससे भी १.२ मीटर ऊँचा पानी चढ़ गया था जिससे ३०,००,००० डालर की सम्पत्ति की हानि का अनुमान किया गया था।

बाढ़ के मैदानों में स्थित नगर बाढ़ मे महान क्षति पाते हैं। सन् १९०२ मे N. J. नामक स्थान की Passaic River में एक असाधारण बाढ आयी थी जिसके कारण Patrson नामक नगर की करोड़ो डालर की सम्पत्ति के नष्ट हो जाने का अनुमान लगाया गया था। अधिकांश बड़ी घाटियों में समय-समय पर विध्वंसकारी बाढ़ों का आना सामान्य घटना है। सन् १८८५ मे गंगा की घाटी में हुई २४ इंच वर्षा का जल लगभग २,५६० वर्ग किलोमीटर (१,००० वर्गमील) क्षेत्र पर फैल गया था और उसने अपार क्षति की थी। बाढ़ के समय नदी मे अपार जलराशि उमड पड़ती है, उसका वेग भयानक हो जाता है, वह किनारो को काटने लगती है और नवीन जलमार्ग बना लेती है; और सडको, खाइयों, पुलो, बाँधों, गाँवो तथा नगरों को भी बहा ले जाती है।

सबसे अधिक भयकर बाढो के उदाहरण, जो अब तक अंकित किये गये है, ह्वागहो या चीन की पीली नदी (Hoang-ho or Yellow River of China) के हैं। १८९२ ई० से पहले यह नदी शाटग (Shan-tung) प्रायद्वीप के दक्षिण पीले सागर मे गिरती थी। १८९२ ई० की बाढ़ मे इस नदी ने अपना मार्ग बदल दिया और एक नवीन जलमार्ग बनाकर पेचिली की खाडी (Gulf of Pechili) मे ४८० किलोमीटर (३०० मील) उत्तर की ओर जाकर गिरने लगी (चित्र १८२)। किसी नदी के मार्ग मे इस प्रकार के परिवर्तन व्यापार के लिए बडे ही महत्त्वपूर्ण होते हैं।

कुछ घाटियो के कछारी मैदानो को बाँधो (levees) अथवा भित्तियो (dykes) द्वारा सुरक्षित किया गया है। ऐसी अवस्था मे मानव प्राकृतिक बाँधो (natural levees) को और भी अधिक ऊँचा बनाता है, और उनके बीच की रिक्तता (gaps) को भर देता है। इस प्रकार ये बाँध साधारण बाढ के समय बाहर के मैदानों को बचाते है, किन्तु असाधारण बाढ़ कभी-कभी भित्तियों (dykes) को तोड देती है और महान संकट उत्पन्न कर देती है। मिसीसिपी नदी के बाढ के मैदान के कुछ अति उपजाऊ भाग जिनमे खेती होती है, बाढ से ऐसे प्रभावित है कि कृषि फार्मों (farms) से सम्बन्धित सभी इमारते मैदान की सतह से ऊपर ही बनायी जाती है।

कछारी सीढ़ियाँ (Alluvial terraces)—जब कोई कछारी मैदान की नदी पुनर्जीवित (rejuvenated) होती है तो उसकी धारा अपने जलमार्ग को मैदान के

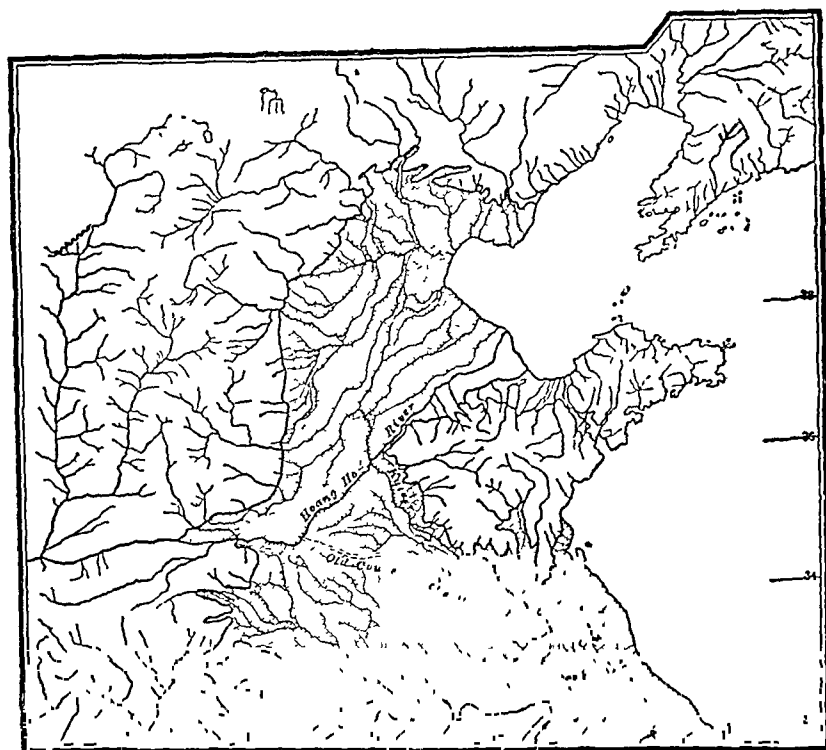



Fig. 182
Diagram illustrating changes in the course of the Yellow River. The shaded area represents the area subject to flooding by the main stream and its tributaries. (*Richthofen*)

तल से नीचे काटती है (चित्र १५८)। तब पुराने बाढ के मैदान के शेप बचे हुए भाग **कछारी सीढियाँ** बनाते है (चित्र १८३)। ये सीढियाँ (terraces) अन्य विधियो से भी बनती है। उदाहरण के लिए, यदि किसी सरिता को अस्थायी रूप से बोझ की अधिकता मिल जाए तो वह अपनी घाटी को ऊँचा उठा देगी (चित्र १७०)। यदि बाद मे अधिक बोझ का स्रोत समाप्त हो जाए तो सरिता, पुनर्जीवन के बिना भी, जो कुछ तलछट उसके बाढ के मैदान मे अस्थायी रूप से जमा हो गया था, उसको वहा ले जाने का कार्य आरम्भ कर देती है। अधिक स्पष्ट कछारी सीढियाँ कुछ-कुछ इसी प्रकार से उत्पन्न होती है। अनेक नगर, जैसे डुबुक (Dubuque), आ (Ia), पिओरिया (Peoria), इल (Ill), हैरिसबर्ग (Harrisburg), पा (Pa.), आदि नदियों की सीढियो पर ही उत्पन्न हुए थे और बाद को वे अब ऊपर की ओर भी फैल गये है।

(३) बहिर्मुखी विवरों पर (At debouchures)—जब कोई वेगवती सरिता समुद्र अथवा झील मे गिरती है, तो उसकी धारा तुरन्त ही रुक जाती है और शीघ्र ही पूर्णत. नष्ट हो जाती है। इसी के कारण ही उसका बोझ भी वही पर छोड दिया जाता है। यदि लहरो आदि द्वारा वह वहा नही लिया जाता तो ऐसे स्थानो मे नदी द्वारा बहाये गये तलछट के निक्षेप डेल्टा बना देते है (**चित्र १८४ और १८५**)।

डेल्टा और कछारी पख की कुछ बाते समान होती है। दोनो ही अवस्थाओ मे प्रमुख निक्षेप उस स्थान पर केन्द्रित होता है जहाँ पर सरिता का वेग अचानक रुक जाता है। परन्तु डेल्टा की अवस्था मे धारा अधिक पूर्णरूप से रुक जाती है और (आरम्भ मे) मलवा स्थिर जल के तल के नीचे एकत्रित होता जाता है। आकार मे डेल्टा कछारी पख से इस बात मे भिन्न होता है कि इसके (डेल्टा) किनारे का ढाल प्रपाती (steep slope) होता है (**चित्र १८६ और १८७ की तुलना कीजिए**)।

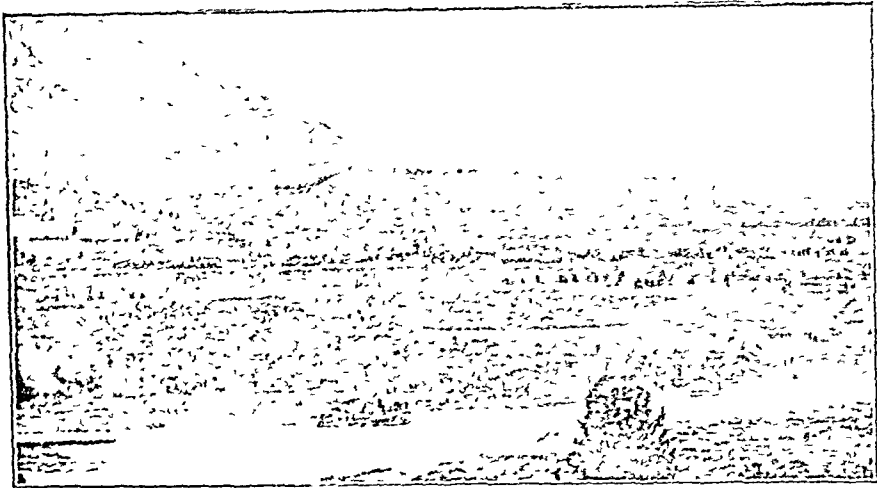



Fig 183
Terraces on the Fraser River at Lilloet, B C.
(*Photograph by Calvin*)

जब एक बार डेल्टा जल के नीचे आरम्भ हो जाता है तो उसके तल पर निक्षेपण होता रहता है, और डेल्टा का तल ऊँचा उठता-उठता जल के तल के बराबर अथवा उससे भी ऊपर उठ आता है। जिस जल मे डेल्टा बनता है उसके तल से ऊपर डेल्टा का भाग एक समतल कछारी पख के ही समान होता है।

लहरे, धाराएँ, आदि डेल्टा के निर्माण को रोक सकती है, नही तो तलछट लाने वाली सभी सरिताएँ अपने बहिर्मुखी विवरो पर डेल्टा बनाती है। कुछ ऐसे स्थानो पर भी डेल्टा बन जाते है जहाँ पर एक सरिता दूसरी सरिता मे मिल जाती है। ऐसा विशेषत उस अवस्था मे होता है जबकि मलबे से लदी हुई कोई वेगवती नदी किसी मन्द बहने वाली सरिता मे मिलती है। इस प्रकार के नदियो के भीतर के डेल्टा साधारणतया कम विस्तार के होते है।

डेल्टा निर्माण की प्रक्रिया द्वारा पर्याप्त भूमि का निर्माण हुआ है। जैसे, कोलोरेडो नदी ने कैलीफोर्निया की खाडी के सिरे पर एक वहुत वडा डेल्टा वनाया

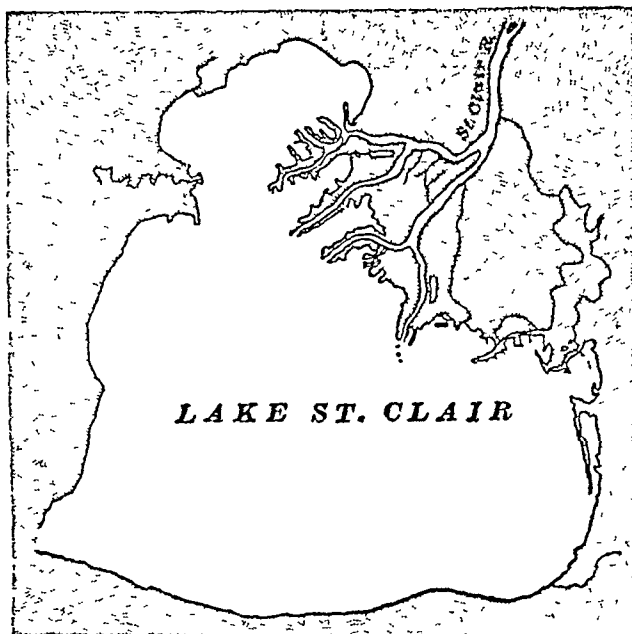



Fig. 184
Delta of Lake St. Clair. (*Lake Su vey Chart*)

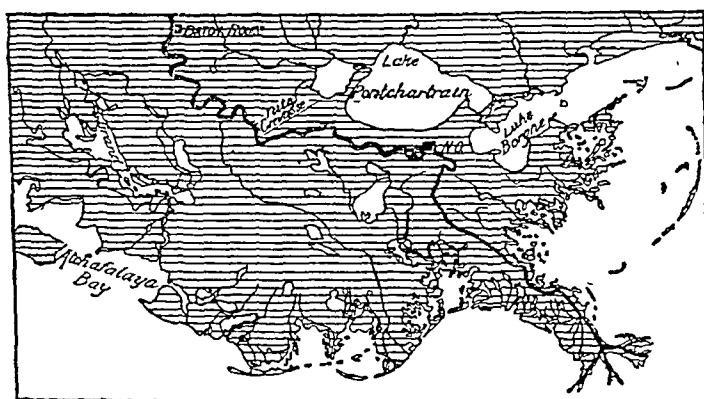



Fig 185
A general view of the lower pait of the delta of the Mississippi.

है जो जल से ऊपर कई वर्ग किलोमीटर के क्षेत्र मे फैला हुआ है (चित्र १८८)। यह डेल्टा खाडी के ऊपरी सिरे के लगभग एक छोर से दूसरे छोर तक बना हुआ है

जिससे खाड़ी का पहला सिरा बन्द हो गया है। इस प्रदेश की शुष्क जलवायु मे यह बन्द होने वाला सिरा लगभग एक शुष्क द्रोणी बन गया है जिसका सबसे निचला भाग समुद्र-तल से लगभग ९० मीटर (३०० फुट) नीचे है। वाशिगटन राज्य की Skagit नदी ने अपना डेल्टा इस भाँति बनाया है कि Puget Sound मे स्थित ऊँचे टापुओ को चारो ओर से घेरकर टापुओ को मुख्य भूमि से जोड दिया है। मिसीसिपी

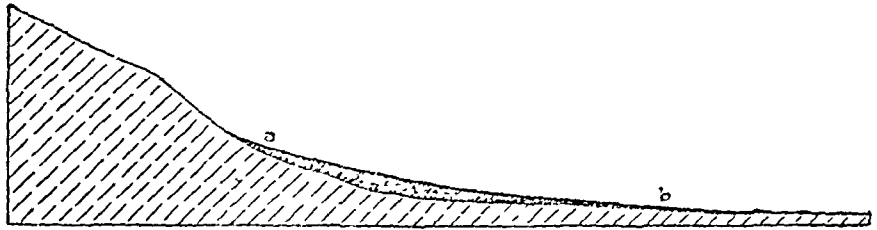



Fig. 186

Diagrammatic profile and section of an alluvial fan.

नदी का डेल्टा (चित्र १८५), नील का डेल्टा (चित्र १८६) और ह्वांगहो का विशाल डेल्टा, अति विशाल और प्रसिद्ध डेल्टा है। गगा और ब्रह्मपुत्र का सयुक्त डेल्टा भी एक विशाल डेल्टा है जिसका क्षेत्रफल जल के ऊपर लगभग ५०,००० वर्ग किलोमीटर है। पो नदी ने एड्रिया (Adria) के प्राचीन बन्दरगाह, जिसके नाम पर एड्रियाटिक सागर का नामकरण हुआ था, के आगे लगभग २३ किलोमीटर तक अपना डेल्टा बनाया है। फ्रास की रोन नदी (Rhone River) ने अपने डेल्टा को पन्द्रह शताब्दियो मे २४ किलोमीटर (१५ मील) आगे बढाया है।

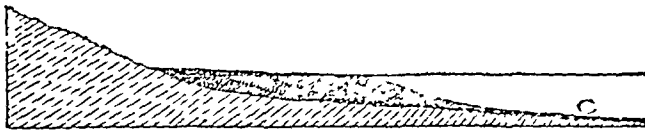



Fig. 187

Diagrammatic profile and section of a delta.

अनेक डेल्टाओ की सीमाएँ निर्धारित करना कठिन है। कभी-कभी डेल्टा के विषय मे कहा जाता है कि डेल्टा नदी के ऊपरी भाग मे उस स्थान तक सीमित होता है जहाँ से नदी मे निकलने वाली नदियो[1] (distributaries) का निकलना आरम्भ हो जाता है। यह परिभाषा सुविधाजनक है, किन्तु मनमानी है। यह कम निश्चित है, परन्तु सम्भवत अधिक सत्य है, कि डेल्टा का सिरा नदी के निक्षेपो द्वारा समुद्र अथवा झील से प्राप्त (reclaimed) स्थल की ऊपरी सीमा मे ही मानना चाहिए। यह परिभाषा अनेक अवस्थाओ मे डेल्टाओ के क्षेत्रफल को अन्यो की अपेक्षा बहुत बडा बना देगी। उदाहरण के लिए, इस आधार पर मिसीसिपी के डेल्टा का सिरा ओहियो नदी के मुहाने के समीप ही होगा।

---

[1] जैसे हुगली।—अनु०

डेल्टा-निर्माण के फलस्वरूप स्थल के क्षेत्रफल मे वृद्धि होती है; परन्तु इस बात का ध्यान रखना चाहिए कि वे विधियाँ जो डेल्टा के निर्माण का नेतृत्व करती है, वे स्थल-खण्डों के परिमाण (volume) को कम करती हुई उनके क्षेत्रफल को बढ़ाती है।

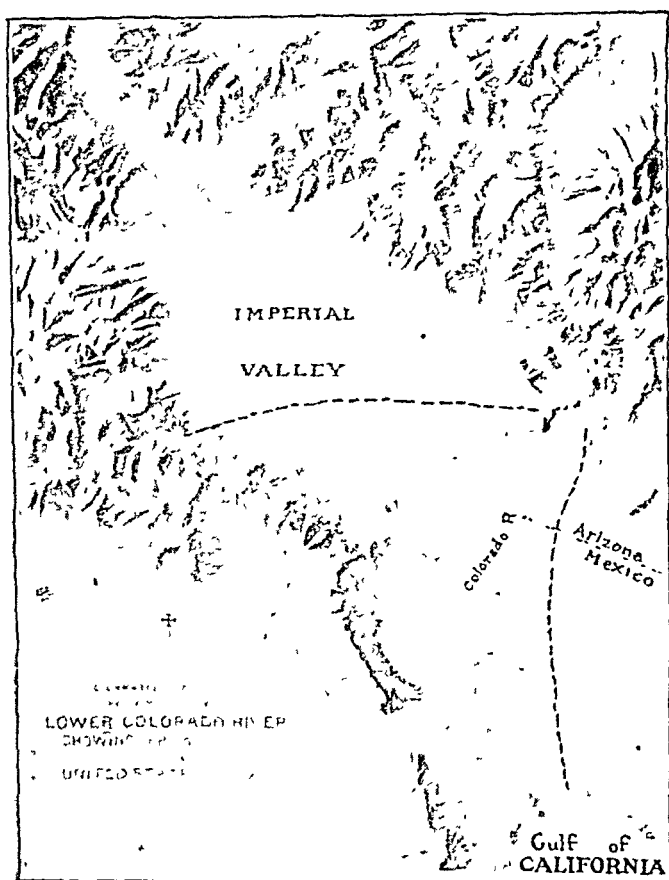



Fig 188
Relief map of an area about the head of the Gulf of California, showing the delta of the Colorado River, outlined in a general way by dotted lines.
(*U. S Reclamation Service*)

कुछ डेल्टाओ की रूपरेखा उन परिस्थितियो द्वारा निश्चित होती है जिनके मध्य वे बनते है। जैसे, यदि कोई डेल्टा किसी खाडी के सिरे पर बना होता है, तो उस खाडी के सिरे का आकार डेल्टा की आकृति को निश्चित कर देगा। किसी डेल्टा की साधारण आकृति, यदि वह किसी खुले हुए तट पर बना है, तो वह कुछ-कुछ अर्द्ध-गोलाकार होती है, यद्यपि वहाँ पर डेल्टा की उँगलियो (delta fingers)

का एक किनारा (fringe) हो सकता है, जिसकी शक्ल यूनानी अक्षर (△) की सी होती है।

नदियों के मुहानों पर काँप के जमने की क्रिया (silting up) उन नगरों के लिए घातक हो सकती है जिनका व्यापार नदी के व्यापार पर निर्भर होता है। जैसे, भारत की ताप्ती नदी के मुहाने पर काँप के जमते रहने की क्रिया (silting) के कारण सूरत का बन्दरगाह, जो कभी भारत के व्यापार का प्रमुख व्यापारिक केन्द्र था, अवनति को प्राप्त हुआ। सन् १७९७ और १८४७ ई० के बीच सूरत नगर की जनसंख्या ८,००,००० से घटकर ८,००० रह गयी थी।

Fig 189
The delta of the Nile. (*Prestwich*)

अधिकाश डेल्टाओं का धरातल प्राय समतल रहता है और सरिताएँ जो उन्हे पार करती है वे उनके जल को वितरण करने वाली अनेक नदियो (distributaries—वितरिकाओं) को जन्म देती है, जैसा कि पूर्ववर्ती चित्रों मे दिखाया गया है। उन वितरिकाओं के मार्ग मे बड़े और आकस्मिक परिवर्तन हो जाया करते है। वैसे तो समान रूप मे उनका निरन्तर स्थानान्तरण होता रहता है। ये परिवर्तन कभी-कभी व्यापार पर महत्त्वपूर्ण प्रभाव डालते है। उदाहरण के लिए, भारत मे कासिम बाजार (बंगाल) की स्थिति अठारहवी शताब्दी के प्रारम्भ मे अत्यन्त महत्त्वपूर्ण थी और उसे 'गंगा के व्यापार का प्रमुख वाणिज्य स्थल' कहा गया था। भागीरथी नदी (गंगा की एक वितरिका जिसके तट पर वह स्थित था) के मार्ग के आकस्मिक परिवर्तन के फलस्वरूप अब वह एक दलदल रह गया है।

अनेक डेल्टाओं पर खेती होती है और उनमे से कुछ, जैसे कि ह्वागहो नदी का डेल्टा है, घनी जनसख्या की उदरपूर्ति करते है। परन्तु डेल्टा की भूमि विध्वंसकारी बाढ़ो से प्रभावित रहती है। यह अनुमान किया गया है कि सितम्बर १८८७ ई० की

ह्वागहो नदी की बाढ ने अपने डेल्टा के निवासियो मे से कम से कम १० लाख को डुबो दिया था और बाढ के बाद के अकाल और बीमारियो मे इससे भी अधिक व्यक्तियो की मृत्यु हुई थी। अनेक गाँव पूर्णत नष्ट हो गये थे और सैकड़ों अन्य अस्थायी रूप से जल मे डूब गये थे।

मानचित्र-कार्य—स्थलाकृतिक मानचित्र की व्याख्या मे अभ्यास १० देखिए।

५

शीत तथा हिम के कार्य

(THE WORK OF SNOW[1] AND ICE[2])

हम देख चुके है कि वायुमण्डल, भूमिगत-जल और स्थल के तल पर व्याप्त जल स्थल की समाकृति (configuration) मे महत्त्वपूर्ण परिवर्तन करते रहते हैं। अब हम जल के कार्य के विषय मे ठोस रूप से अध्ययन करेंगे।

Fig. 190

Ice-crystals forming in the upper part of the soil grow by the addition of moisture rising from below. The ice added below pushes up the ice already formed. Columns of ice two or three inches in height are formed in this way, even raising small stones. (*Photo by Roberts*)

तल के नीचे की हिम (Ice beneath the surface)—यह हम पहले ही उल्लेख कर चुके है कि शिलाओं की दरारो मे हिम अपना पच्चर कार्य (wedge-

[1] Snow=शीत

[2] Ice=हिम

work) किस प्रकार से करती है। जब हम उन विशाल क्षेत्रो के विषय मे विचार करते है जहाँ वर्ष के कुछ भाग मे जल जम जाया करता है, तो ऐसा प्रतीत होता है कि शिलाओ के छेदो और दरारो मे जल के जमने का औसत प्रभाव, समय की लम्बी अवधि मे, अधिक अवश्य हो जाता होगा। साथ ही साथ, जो जल मिट्टी मे जम जाता है, वह भी तल पर कुछ प्रभाव डालता है। यह प्रभाव प्रथम तो दीवारो मे उत्पन्न होने वाले विक्षोभ (disturbance) मे उस समय प्रकट हो जाता है जबकि वे दीवारे जमाव-विन्दु की गहराई से नीचे नही जाती, और दूसरे उस समय भी स्पष्ट हो जाता है जबकि पत्थर और गोलाश्म (bowlders) मिट्टी से बाहर निकल आने की क्रिया करते होते है। मिट्टी मे जमा हुआ जल मिट्टी को अस्थायी रूप से ठोस बना देता है और इस प्रकार तल के अपक्षरण (erosion) को रोकता अथवा कम करता है। इस प्रकार से वह सरक्षण का प्रभाव रखता है। मिट्टी से उठने वाली आर्द्रता, चाहे वह भाप के रूप मे हो और चाहे वह केशाल-क्रिया (capillary action) के द्वारा होती हो, कभी-कभी तल तक पहुँचकर जम जाती है। इस प्रकार से बने हुए तुषार (frost) मे नीचे से निरन्तर वृद्धि हो सकती है और उसके परिणामस्वरूप ऊपर की ओर हिम की वृद्धि हो सकती है, जैसा कि **चित्र १९०** मे दिखाया गया है।

हिम के अन्य स्वरूपो की अपेक्षा शीन (snow) अधिक व्यापक होती है। हिम के अन्य परिचित स्वरूप झीलो, नदियो, उच्च अक्षाशो के समुद्रो एव भूखण्डो और उच्च पर्वतो के स्थलो पर मिलते हैं।

झीलो की हिम (Ice of lakes)—जलाशयो और झीलो के ऊपर हिम के निर्माण को समझने के लिए हम उन परिवर्तनो का अनुसरण कर सकते है जो जाडे की ऋतु के शीत के आने पर घटित होते हैं।

मीठा जल प्राय ४° सेण्टीग्रेड के तापमान पर घनतम (densest) होता है। मध्य अक्षाशो मे जलाशयो और झीलो के ऊपरी तल का जल (surface water) ग्रीष्म ऋतु मे ४° सेण्टीग्रेड से बहुत अधिक गरम रहता है। तल के नीचे का जल ऊपरी तल के जल की अपेक्षा शीतल रहता है, किन्तु कम से कम कुछ गहराई तक, तथा अनेक अवस्थाओ मे नितल (bottom) तक, ४° सेण्टीग्रेड से भी अधिक गरम रहा करता है। पतझड (autumn) और जाडो की ऋतु मे जब तल का जल शीतल हो जाता है, तो वह नीचे के उष्णतर जल की अपेक्षा अधिक भारी हो जाता है, और वह मन्द गति से नीचे की ओर बैठने लगता है। यह क्रिया तब तक होती रहती है अथवा ऐसा होने की प्रवृत्ति रहती है, जब तक कि ऊपर से नितल तक के समस्त जल का तापमान प्राय ४° सेण्टीग्रेड न हो जाए। कुछ और अधिक शीतल हो जाने पर सबसे ऊपर का जल थोडा विस्तृत होकर तल पर ही रुका रहता है। जब वह शीतल होकर ०° सेण्टीग्रेड पर पहुँचता है तो वह जम जाता है। जमाव की क्रिया मे वह अपने आयतन का प्राय. $\frac{१}{१०}$ विस्तृत हो जाता है।

मध्य अक्षाशो मे गहरी झीले, जैसे सयुक्त राज्य की बडी झीले, शीतलतम

जाड़ों में भी ऊपरी तल पर नहीं जम पाती है, क्योंकि ऐसी झीलों का सम्पूर्ण जल ४° सेण्टीग्रेड तक शीतल नहीं हो पाता है; और जब तक कि उनके अधिक गहरे भागों में तापमान ४° सेण्टीग्रेड से ऊपर रहता है, तब तक तल का जल शीतल होने

Fig. 191
Ice crowding on shore. Lake Mendota, Wis.
(*Buckley, Wis. Geological Survey*)

के कारण नीचे की ओर डूबता रहता है और इस प्रकार वह हिमीकरण तापमान (freezing temperature) तक नहीं पहुँचता है। अतएव ऐसी झीलों के ऊपरी तल का जल प्रायः केवल अपने किनारों पर ही, जहाँ जल उथला रहता है, जम जाता है, क्योंकि ऊपर से नीचे नितल तक जल का तापमान उच्चतम घनत्व (greatest

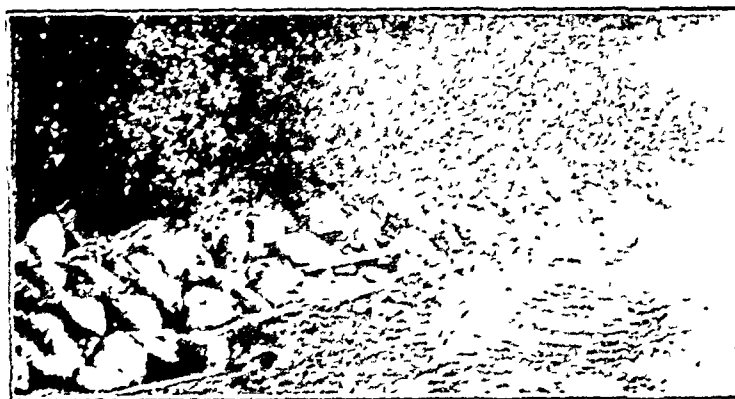



Fig 192
Shore of Wall Lake, Iowa. (*Photo by Calvin*)

density) के तापमान तक कम हो जाता है। सिद्धान्त के अनुसार किनारे के समीप के उस अधिक शीतल जल को किनारों से दूर अधिक गहराइयों में फैल जाना चाहिए, और वास्तव में यह जल जब कभी भी अधिक गहराइयों के जल की अपेक्षा अधिक भारी होता है तो उस दिशा में सचालित भी होता है, किन्तु अनेक झीलों में सचालन की यह गति इतनी मन्द होती है कि वह तल पर जमाव को रोक नहीं सकती है।

अधिकाश अन्य ठोस पदार्थों के समान हिम भी तापमान के कम हो जाने पर सिकुडती है। यदि झील अथवा जलाशय के जम जाने के पश्चात् तापमान विशेष रूप से नीचे गिरता है, तो सिकुडती हुई हिम किनारो से हटकर मध्य की ओर हो जाती है अथवा हिम मे दरारे फट जाती है। दरार फटने मे कभी-कभी पिस्तौल छूटने के समान जोर की ध्वनि होती है। हिम और किनारो के बीच, अथवा फटी हुई दरारो मे, जल ऊपर उठ आता है और जम जाता है तथा हिम की चादर पुन. झील को पूर्णत ढक लेती है। जव शीत की लहर समाप्त हो जाती है तो हिम का तापमान ऊपर उठता है और हिम फैल जाती है। फैलती हुई हिम, विशेषत. यदि किनारो का ढाल मन्द हो तो (**चित्र १९१**), तटो के ऊपर एकत्रित हो सकती है, अथवा किनारे से दूर धनुपाकार रूप मे ऊपर उठ सकती है। प्रथम परिस्थिति मे वालू, बजरी और गोलाश्म जो हिम के नितल में जम जाते है, उसके साथ तटो पर आ जाते है। अनेक प्राचीरयुक्त झीले (walled lakes) (**चित्र १९२**), अर्थात् वे झीले जिनके तटो के समीप गोलाश्मो की राशियाँ भित्तियो के समान प्रतीत होती है, विचित्र आकृतियाँ फैलती हुई हिम के तटवर्ती वढाव के कारण ही उत्पन्न हुआ करती है। यही नही, तटो पर स्थित निम्नकोटि की वेदिकाएँ (low terraces) और कटके (ridges) भी इसी कारण से ही उत्पन्न हुआ करती है (**चित्र १९३**)। जहाँ पर झील का तट प्रपाती (steep) और शिथिल मृत्तिकामय पदार्थ का वना हुआ होता है, वहाँ पर फैलती हुई हिम मिट्टी के नीचे भी एकत्रित हो सकती है और तट के समीप के वृक्षो को उखाड भी सकती है (**चित्र १९४**)।

Fig. 193
A low terrace of gravel and sand formed by ice Shore of Oconomowoe Lake, Wis.
(*Fenneman, Wis Geological Survey*)

किसी झील की हिम, भूमि की हिम के साथ पार्श्विक रूप से (laterally) अखण्ड हो सकती है (**चित्र १९५**), और ऐसी अवस्था मे हिम का तटवर्ती वढाव जमी हुई भूमि को ध्यान को आकर्षित करने वाले कटको के रूप मे उभार सकता है। **चित्र १९५** मे **विसकांसिन** मे मदिसान (Madison, Wis.) के समीप मैण्डोटा झील (Lake Mendota) के तटो पर इस प्रकार से वनी हुई एक कटक को दिखाया गया है जो १८९८-९९ के जाडो मे बनी थी।

समुद्र पर हिम (Ice on the sea)—उच्च अक्षाशो मे समुद्र तट के साथ-साथ हिम वन जाती है। मीठे जल के विपरीत, समुद्र का (खारी) जल तब तक

संघनन करता है जब तक कि वह जम नहीं जाता है। इसके जमने का तापमान

Fig. 194
The shove of ice on the shore of Lake Mendota, Wis.
(*Photo by Buckley*)

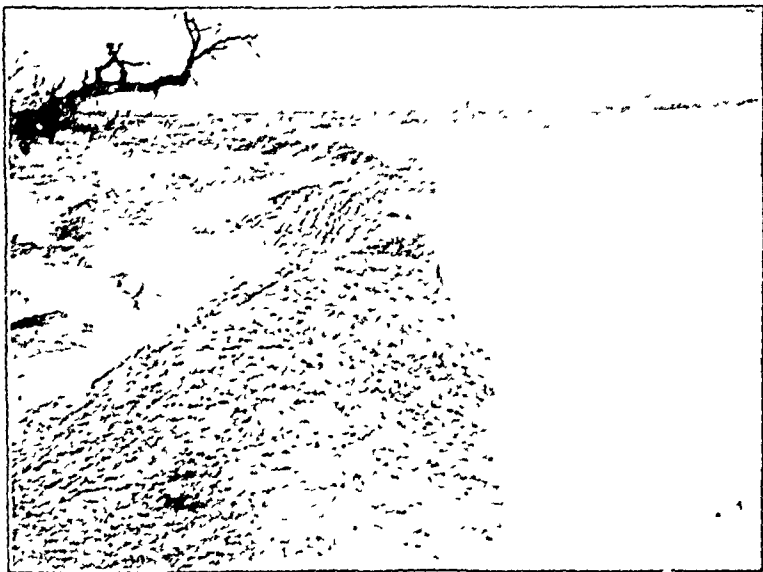



Fig 195
Shove of shore ice where the shore is marshy. The ice of the marsh is pushed up into ridges.
(*Buckley, Wis. Geological Survey*)

— २·२° सेण्टीग्रेड से — ०·८° सेण्टीग्रेड तक होता है। तापमान की यह विभिन्नता जल की विभिन्न लवणता (salinity) के कारण होती है।

समुद्र के जल से निर्मित हिमस्फटिक (ice crystals) व्यक्तिगत रूप में लवण से हीन होते है, परन्तु समुद्र के जल से निर्मित किसी हिम-पुंज (mass of ice) मे स्फटिक लवण अथवा लवणजल (brine) का अन्तरावेश (inclusions of crystallized salt) जो खारी जल के जमते समय अलग हो जाते है, सम्मिलित

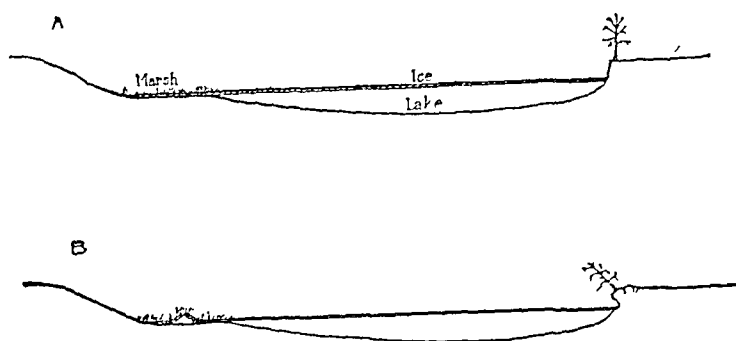



Fig. 196

Diagram representing the effects of ice-shove on a marsh adjoining a lake, and on a high steep bank It is to be remembered that the ground is frozen when the shove takes place, and therefore more resistant than when not frozen The thrust must therefore be strong to produce the observed result

रहता है। ध्रुवीय प्रदेशो मे समुद्र की हिम कई मीटर की गहराई धारण कर लेती है। यह गहराई कम से कम २½ अथवा ३ मीटर अवश्य होती है। कभी-कभी वहती हुई हिम इससे भी अधिक मोटाई की दिखाई देती है, परन्तु यह सन्देहयुक्त है कि ये वडी-वडी मोटाइयाँ उस हिम की प्रतिनिधि हैं जो शान्त समुद्र के जल के जमने के कारण वनी होती है। कुछ भी हो, जाडो मे वनी हुई हिम प्राय ग्रीष्म ऋतु मे वहते हुए हिम-खण्डो मे विभक्त हो जाती है, जिन्हे हम हिम-प्रवाह (floe-ice) कहते है (चित्र १९७), और ये हिम-प्रवाह कभी-कभी एकत्रित होकर प्रवाही हिम-पुंज (ice-packs) वनाते है, जिसमे विभिन्न खण्ड इस प्रकार से गुथ जाते है कि उनमे से कुछ का अलग अस्तित्व ही समाप्त हो जाता है, और ये पुंज जल से ऊपर ऊँचाई मे खडे हो जाते है। यदि किसी ग्रीष्म का हिम-पुंज गर्मी की ऋतु की समाप्ति पर भी पर्याप्त उत्तर दिशा की ओर होता है तो वह जमा भी रह सकता है और उसकी मोटाई सामान्य समुद्री हिम से भी पर्याप्त अधिक होती है। इन पुंजो की मोटाई हिम-खण्डो से वनती है जिनमे से कुछ सिरे पर भी होते है।

हिम-पद (Ice-foot)—उच्च अक्षांशो मे समुद्र के जल के जमने से पहले, तट पर पडी हुई शीन (snow) का पतझड मे एकत्रित होना आरम्भ हो जाता है। तूफानो द्वारा फेंका हुआ पानी शीन की राशि पर पडता है और उसमे जम जाता है और शीन को हिम मे वदल देता है। लहरो तथा ज्वारो के द्वारा प्रारम्भिक समुद्री

हिम, स्थल के ऊपर सामान्य समुद्र-तल से कुछ ऊपर की ओर बढ़ने को बाध्य हो सकती है और इसके पिण्ड की मोटाई इस पर पड़ने वाली शीत के कारण बढ़ जाती है। इन विधियो द्वारा तटो की हिम बहुत मोटी हो सकती है और उसका ऊपरी छोर समुद्र-तल से अनेक मीटर ऊपर हो जाता है। तट की इस प्रकार की हिम को

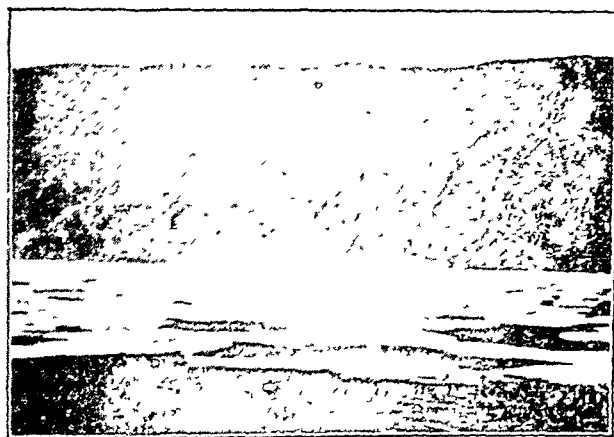



Fig. 197
Floe-ice on the shore of Greenland.

समुद्रतटीय हिम-पद कहते है। हिम-पद के ऊपर चट्टानो के टुकडे ऊपर के पर्वत-खण्डो (cliffs) से टूट-टूटकर अधिक सख्या मे एकत्रित हो सकते है। चट्टानो का आवरण नीचे की हिम को पिघलने नही देता है और हिम-पद के ये सुरक्षित अंश ग्रीष्म ऋतु मे भी बने रह जाते है।

नदियों की हिम (Ice in rivers)—शीत जलवायु मे नदियो का जल भी ऊपरी सतह पर जम जाता है और जब बसन्त मे हिम पिघलती है तो वे पत्थर एव गोलाश्म (gravels) जिनके साथ हिम किनारो से चिपकी हुई थी, नदी में कई एक किलोमीटरो तक बह जा सकती है। बहती हुई हिम मे केवल गोलाश्म ही जमे नही रहते है वरन् यदाकदा जो चट्टाने नदी मे बाहर निकली रहती है, उनमे विशाल टुकडे टूट-टूटकर हिम के साथ बह जाते है। मॉट्रियाल (Montreal) मे १० से १५ मीटर के वर्गाकार पत्थर के भवन जो इस प्रकार बाहर निकले हुए थे कि उनके चारो ओर नदी की हिम जम जाए, सेट लारेस नदी की हिम के द्वारा हटा दिये गये है।

जब नदी की हिम टूटती है तो हिम-पुज बहाव के साथ बह जाते है और नदी मे जहाँ रोक मिलती है वहाँ वे रोको के पीछे की ओर जमा हो जाते है। ऐसे एकत्रीकरण जहाँ कही पुलो के ऊपर हुए है वहाँ पर पुलो के बह जाने की सम्भावना उत्पन्न हो जाती है। ऐसे एकत्रीकरण अपने स्थानो से ऊपर विध्वसकारी बाढो को भी अवसर प्रदान करते है और जब वे विघटित होते है तो उनके ऊपरी भाग मे एकत्रित जल विध्वसात्मक वेग से नीचे की घाटियो मे दौड पडता है।

उत्तरी महाद्वीपो मे उत्तर की ओर बहने वाली नदियो मे विशेष रूप मे इस

प्रकार की बाढे आती है। उनकी ऊपरी द्रोणियो (basins) की हिम पिघल जाती है जबकि नदियो के नीचे के भागो मे हिम उस समय भी जमी रहती है। ऊपर के जल का स्वतन्त्र बहाव इस प्रकार रुक जाता है और उसके परिणामस्वरूप बाढे आ जाया करती है।

उत्तरी अक्षाशो की अनेक नदियाँ जम जाने पर सडको का काम देती है।

स्थल पर स्थित हिम (Ground-ice)—पथरीली नदियो की तली मे जहाँ धारा तीव्र होती है, कभी-कभी हिम बनती है। अन्त मे यह हिम तली के पत्थरो और गोलाश्मो के आसपास जम जाती है और जब उनके समीप पर्याप्त हिम जम जाती है तो वे पत्थर और गोलाश्म तली से उखडकर जल द्वारा बहाये जा सकते हैं। सेट लारेंस की खाडी और बाल्टिक सागर जैसे उथले समुद्रो के नितल पर (अथवा तल के नीचे) कभी-कभी हिम अधिक मात्रा में बनती है। इस प्रकार से बनी हुई हिम को **तल पर स्थित हिम** कहते है अथवा कभी-कभी **लंगर-हिम** (anchor-ice) भी कहा जाता है। कहा जाता है कि छोटे-छोटे जहाज यदाकदा इस नितल-हिम की विशाल मात्रा के आकस्मिक रूप मे तल पर आ जाने के कारण घिर कर फँस जाते हैं।

नदियो में इस नितल-हिम की उपस्थिति के निम्न कारण ज्ञात होते है—(१) सरिता का नितल जम जाता है और उसके सम्पर्क मे आने वाला जल उसके साथ जम जाता है, अथवा (२) यद्यपि सम्पूर्ण नदी का तापमान ०° सेण्टीग्रेड से कुछ नीचे होता है तथापि ऊपर और तीव्रतर भाग मे जल का अधिक सचालन-वेग जल को जमने से रोके रहता है जबकि नीचे का अधिक शान्त जल जम जाता है।

उथले समुद्रो के नितल मे हिम की उत्पत्ति का कारण स्पष्ट नही है। नदी के नितल की हिम के कारण के विषय मे ऊपर जो सुझाव दिये गये है वे समुद्र के विषय मे उपयुक्त ज्ञात नही होते हैं। यह सम्भव है कि उन समुद्रो को झरनो से मिलने वाला मीठा पानी, जिनके जल का तापमान ०° सेण्टीग्रेड से नीचा किन्तु नमकीन पानी के हिमाक से ऊँचा होना है, खारी पानी के साथ पूर्णरूपेण मिल जाने से पहले ही जम जाता हो। लगरो के आसपास बन जाने वाली हिम का कारण सम्भवत यही होता है कि लगर को नीचे गिराने से पूर्व उसका (लगर) तापमान नीचा होता है, किन्तु इस कारण द्वारा उत्पन्न हुई हिम बहुत समय तक नही रह सकती है।

शीन (Snow)—जब वायु मे आर्द्रता का सघनन ०° सेण्टीग्रेड से कम तापमान पर हाता है तो वह साधारणतया बरफ के गोलो (snow flakes) का रूप ग्रहण करती है (**चित्र ६६**)। ये बरफ के गोले जमी हुई वर्षा की बूँदे नही होती हैं, वे वर्षा की बूँदो के स्थान पर वायु मे तब बनती है जबकि वह तापमान, जिस पर जल-वाष्प का सघनन होता है, जल के हिमांक से नीचा होता है।

उच्च अक्षाशो मे वर्ष के अधिकाश भाग मे और मध्य अक्षाशो मे शीत ऋतु मे शीन गिरा करती है। निम्न अक्षाशो मे उच्च पर्वतो को छोडकर शीन गिरती ही

नहीं। इन भागों के उच्च पर्वतो पर जो थोडी-सी शीत गिरती भी है वह शीघ्र ही पिघल भी जाती है। हिम-पात का समय और उस समय की अवधि जबकि तल पर हिम पड़ी रहती है, दोनो ही बढ़ती हुई उच्चता और बढ़ते हुए अक्षाशों के साथ बढते है। अतएव ध्रुवीय वृत्तो (polar circles) के ऊपर अधिकाश अवक्षेपण (precipitation) शीत के रूप मे गिरता है। वहाँ अधिकाश स्थलो पर, यहाँ तक कि निम्न स्तरो पर भी, हिम सदैव पडी रहती है। निम्न अक्षांशो मे पर्याप्त उच्च स्थानो पर भी यही बात सत्य है। वास्तव मे, कुछ ऐसी अवस्थाओं मे ठण्डी ग्रीष्म ऋतु का हिमपात शीत ऋतु के हिमपात की अपेक्षा बहुत अधिक होता है।

जब तक शीत तल पर पडी रहती है, वह तल को सुरक्षित रखती है। वह नीचे दबी हुई वनस्पति को तापमान के अत्यधिक परिवर्तनो से, और विशेषत हिम-द्रवणो (thawings) की पुनरावृत्तियो (दिन मे), तथा हिमीकरण की पुनरावृत्तियो (रात मे), से जो अनेक पौधो के लिए हानिकर होती है, बचाये रखती है, और वह नीचे की धूल और बालू को पवन द्वारा उड़ाये जाने से रोकती है। जो अवस्थाएँ शीत को सुरक्षित रखती है वे प्रवाहित जल द्वारा तल के वास्तविक कटाव को भी उस समय तक जब तक कि शीत भूमि पर रहती है, रोकती है।

शीत-क्षेत्र (Snow-fields)—जब किसी विशेष क्षेत्रफल मे वर्षों तक शीत बनी रहती है तो वहाँ एक 'शीत-क्षेत्र' का निर्माण हो जाता है। शीत-क्षेत्र व्यापक रूप से फैले हुए है। यदि सामान्य रूप मे कहा जाए तो वे प्राय सभी अक्षाशो मे स्थित पर्वतो मे पाये जाते है, किन्तु भूमध्यरेखीय प्रदेशो के लिए उनकी आवश्यक ऊँचाई अधिक है (४,५०० मीटर से ५,४०० मीटर), सम-शीतोष्ण प्रदेशो मे इससे कम और ध्रुवीय प्रदेशो मे नगण्य है। वास्तव मे, ध्रुवीय प्रदेशो मे शीत-क्षेत्र समुद्र-तल की ऊँचाई पर भी वर्तमान है। दूसरे शब्दो मे, कहा जा सकता है कि शीत-क्षेत्र किसी भी अक्षाश पर पर्याप्त उच्च पर्वतो पर स्थित है, और किसी भी ऊँचाई पर पर्याप्त उच्च अक्षाशो मे भी स्थित है।

सयुक्त राज्य मे भी शीत-क्षेत्र अलभ्य नही है। वे कैलीफोर्निया, कोलोरेडो और यूटाह के पर्वतो मे (कही-कही) वर्तमान है और उनसे उत्तर के सभी राज्यो के उच्च पर्वतो मे है (चित्र १६८)। अधिक उत्तर के राज्यो मे शीत-क्षेत्र अधिक सख्या मे है और सम्यक् रूप मे अधिक दक्षिण के क्षेत्रो से विशालतर है। सयुक्त राज्य से उत्तर के पर्वतो मे वे और भी अधिक विस्तृत है और अलास्का मे उनमे से कुछ का विस्तार उल्लेखनीय है (चित्र १६६)।

मैक्सिको एव दक्षिणी अमरीका के उच्च पर्वतो, आल्पस, पिरेनीज, काकेशस, यूरोप के स्कैंडेनेवियन पर्वतो और हिमालय तथा उत्तर एव उत्तर-पूर्व एशिया के प्रदेशो के उच्चतर पर्वतो मे शीत-क्षेत्र मिलते है। भूमध्यरेखा के अति निकट ही अफरीका मे भी कुछ क्षेत्र है, यद्यपि वे छोटे है और अति उच्च पर्वतो तक ही सीमित है। इन तथा अन्य शीत एव हिम के छोटे क्षेत्रो के अतिरिक्त, दो विशाल क्षेत्र ग्रीनलैण्ड तथा अण्टार्कटिका मे स्थित है। ग्रीनलैण्ड के शीत एव हिम-क्षेत्रो मे

उपरोक्त समस्त पर्वतीय हिम-क्षेत्रो की अपेक्षा पर्याप्त अधिक शीन तथा हिम पायी जाती है। अण्टार्कटिका के हिम-क्षेत्रो मे सम्भवत अन्य समस्त क्षेत्रो की सम्मिलित शीन एव हिम-राशि की अपेक्षा कई गुना अधिक शीन एव हिम मिलती है।

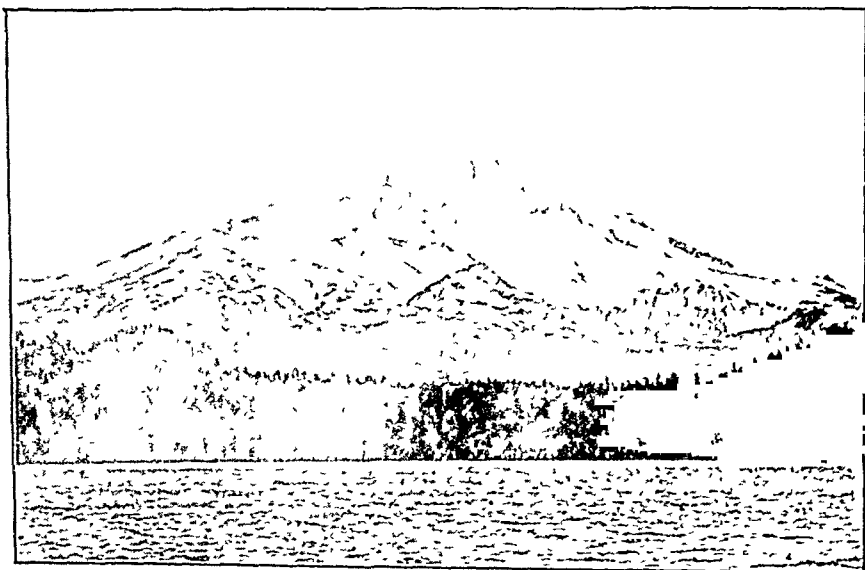



Fig 198

Mt. Hood, a snow-capped mountain (*By permission of Lipman, Wolf & Co.*)

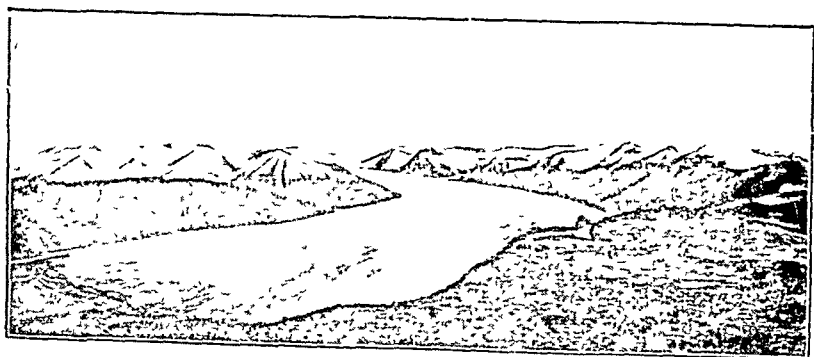



Fig. 199

Snow-fields in the Skolai Range of Alaska Chisana glacier in the foreground. (*U S Geological Survey*)

यह कोई असम्भव बात नही है कि वर्तमान समय मे स्थल के ऊपर सम्भवत. चालीस लाख घन किलोमीटर शीन एव हिम के क्षेत्र सम्मिलित है। यदि हिम की

यह मात्रा पिघलकर समुद्र मे वापस लौट जाए तो इसके द्वारा समुद्र का जल-स्तर प्राय १० मीटर (३० फुट) ऊँचा उठ जाएगा।

शीत-रेखा (Snow-line)—जिस रेखा से ऊपर जाडो की शीत पूर्ण रूप से नही पिघलती है उसे **शीत-रेखा** कहते है। वर्ष-प्रतिवर्ष शीत-रेखा न्यूनाधिक इधर-उधर हो सकती है किन्तु यदि ऐतिहासिक दृष्टि से कहा जाए तो किसी निश्चित अवधि मे यह रेखा अपेक्षाकृत स्थिर रहती है।

(१) शीत-रेखा की स्थिति पर **तापमान** का प्रभाव पडता है। यह इस सामान्य तथ्य से स्पष्ट है कि निम्नतर (उष्णतर) अक्षाशो मे यह रेखा उच्चतर और उच्चतर (शीततर) अक्षाशो मे निम्नतर रहती है। किन्तु विभिन्न पर्वतो मे, उदाहरणार्थ हिमालय मे, शीत-रेखा दक्षिण की अपेक्षा उत्तरी भाग की ओर अत्यधिक ऊँचाई पर रहती है, यद्यपि उत्तरी भाग की अपेक्षा दक्षिणी भाग मे तापमान उच्चतर रहता है। अतएव यह स्पष्ट है कि **शीत-रेखा की स्थिति में तापमान के अतिरिक्त कोई अन्य तथ्य भी सम्मिलित है।**

(२) एक अन्य तत्त्व **हिम-पात की मात्रा** है। हिमालय के ऊपर बहती हुई दक्षिणी पवने उत्तरी पवनो की अपेक्षा अपने साथ कही अधिक आर्द्रता लाती है। परिणामस्वरूप, उत्तरी ढालो की अपेक्षा दक्षिणी ढालो पर हिम-पात अति गहनतर होता है। यही बात स्विटजरलैण्ड के पर्वतो के विषय मे भी सत्य है। अतएव शीत-रेखा की स्थिति हिम-पात की मात्रा तथा तापमान दोनो ही द्वारा प्रभावित होती है। पर्वतो (उत्तरी गोलार्द्ध मे) के शीततर उत्तरी ढाल पर १५ सेण्टीमीटर शीत, ग्रीष्म के थोडे-से ही हिम को पिघलाने वाले दिनो मे ही विलुप्त हो सकती है जबकि यह भी सम्भव है कि उतने ही मीटर शीत, उष्णतर दक्षिणी ढाल पर उस अवस्था मे दीर्घतर द्रवण-काल मे भी विलुप्त न हो।

(३) पुन, शीत वाष्पीकरण एव द्रवण दोनो ही क्रियाओ द्वारा विलीन होती है और शुष्कता वाष्पीकरण के अनुकूल होती है। अतएव आर्द्र प्रदेश (humid regions) की अपेक्षा किसी शुष्क प्रदेश का शीत-क्षेत्र वाष्पीकरण द्वारा अधिक नष्ट होता है। यदि वायु शुष्क है तो पवन वाष्पीकरण को बढा देती है।

(४) **स्थलाकृतिक सम्बन्ध** (topographic relations) भी किसी स्थान पर शीत-रेखा की स्थिति को प्रभावित करते है क्योकि कुछ विशेष परिस्थितियाँ शीत के एकत्रीकरण के अनुकूल होती है और उसे सूर्य से सुरक्षित रखती है।

(१) तापमान और (२) हिमपात की मात्रा वे प्रमुख कारक है जो शीत-रेखा की स्थिति को निश्चित करते है, तथा (३) आर्द्रता (अथवा शुष्कता) और (४) स्थलाकृतिक सम्बन्ध गौण कारक है। चूँकि ये विभिन्न कारक स्थान-स्थान पर बदलते रहते है, अत किसी अक्षाश मे कोई विशेष ऊँचाई स्थायी शीत के अस्तित्व के लिए आवश्यक निर्धारित नही की जा सकती है।

निम्न तालिका कुछ स्थानो पर शीन-रेखा की स्थिति को प्रकट करती है :

बोलिविया के एण्डीज	पश्चिमी भाग भूमध्यरेखा के निकट	लगभग	५,५५० मी० (१८,५०० फु०)
बोलिविया के एण्डीज	पूर्वी भाग भूमध्यरेखा के निकट	,,	४,८०० मी० (१६,००० फु०)
चिली के एण्डीज	३३° द० अक्षाश	,,	३,८४० मी० (१२,८०० फु०)
मैक्सिको		,,	४,४४० मी० (१४,८०० फु०)
टेनेरीफ (Teneriffe)	३३° उ० अक्षाश	,,	३,९०० मी० (१३,००० फु०)
हिमालय	उत्तरी भाग प्राय २८° उ० अक्षाश	,,	५,०१० मी० (१६,७०० फु०)
हिमालय	दक्षिणी भाग प्राय २८° उ० अक्षाश	,,	३,९०० मी० (१३,००० फु०)
काकेशस पर्वत	४०°+उ० अक्षाश	,,	२,४९० मी० से ४,२०० मी० तक (८,३०० से १४,००० फु०)
पिरेनीज पर्वत	४०°+उ० अक्षाश	,,	१,९५० मी० (६,५०० फु०)
आल्पस	प्राय ४६½° उ० अक्षाश	,,	२,७०० मी० (९,००० फु०)
नार्वे		,,	१,५०० मी० (५,००० फु०)
लैपलैण्ड	७०° उ० अक्षाश	,,	९०० मी० (३,००० फु०)
अलास्का		,,	१,६५० मी० (५,५०० फु०)
ग्रीनलैण्ड	६०°—७०° उ० अक्षाश	,,	६६० मी० (२,२०० फु०)

हिम-क्षेत्र (Ice-fields)—प्रत्येक उल्लेखनीय शीन-क्षेत्र एक हिम-क्षेत्र भी होता है। कारण यह है कि जहाँ शीन अधिक गहराइयो तक एकत्र होती है और बहुत दिनो तक तल पर पडी रहती है, वहाँ उसका अधिकतर भाग हिम मे परिवर्तित हो जाता है। इस परिवर्तन का आरम्भ उस शीन मे देखा जा सकता है जो कुछ दिनो तक तल पर पडी रही है। (कालान्तर मे) उसकी परतो का गुण नष्ट हो जाता है और वह स्थूल-दानेदार (coarse-grained) हो जाती है, अत वह छूने मे कठोर ज्ञात होती है। वसन्त ऋतु मे शीन के अन्तिम तटो पर यह परिवर्तन और भी अधिक स्पष्ट होता है। ऐसे तटो की शीन, स्थूल दानो की बनी होती है जो प्राय. पर्याप्त बड़े आकार के होते है। परतो के दानो मे परिवर्तन की विधि का कुछ कारण तो यह है कि तल की शीन पिघल जाती है और जल तल के नीचे डूबकर पुन जम जाता है, किन्तु यह परिवर्तन उन स्थानो पर भी होता हुआ दिखाई पडता है जहाँ शीन का द्रवीकरण नही होता है, अत सम्भवत द्रवीकरण एव पुन. हिमीकरण केवल परिवर्तन क्रिया के ही अग ज्ञात होते है।

जब यह रूपान्तर होता रहता है तो शीन अधिक सहत (compact) हो जाती है। जब वह तल पर पडी रहती है तो उसका स्वय का बोझ उसका सपीडन (compression) करता रहता है। नीचे प्रवेश करने वाला जल, जो तल के नीचे पुन जम जाता है, दानो को परस्पर बाँधने का कार्य करता है और दबाव के फल-स्वरूप परतो (flakes) के दानो मे रूपान्तर के कारण तथा परस्पर दानो के बीच

जल के हिमीकरण द्वारा उनके एक साथ बँध जाने के कारण, वह सम्पूर्ण हिम-राशि ठोस बन जाती है। यह निश्चित रूप से नही कहा जा सकता है कि शीन को हिम मे परिवर्तित हो जाने के लिए उसे (शीन) कितना ठोस और निविड़ (dense) हो जाना पडता है। परन्तु प्रत्येक विशाल शीन-क्षेत्र वास्तव मे एक हिम-क्षेत्र होता है, जो थोडी-सी शीन की चादर से आच्छादित रहता है। वसन्त ऋतु के अन्तिम शीन-तट (snow-banks) वास्तव मे हिम के बने होते है।

हिमनदियाँ
(Glaciers)

जब शीन से विकसित हुई हिम-राशि पर्याप्त वडी हो जाती है तो वह अपने सचय-स्थान से फैलने अथवा बाहर की ओर रेगने लग जाती है। इस प्रकार चलती हुई हिम, हिम नदी की हिम बन जाती है। समस्त शीन-क्षेत्र हिमनदियो के उद्भव

Fig. 200
Summit of the Nizina-Tanana glacier, Alaska.
(*Rohn, U. S. Geological Survey*)

नही होते है, परन्तु प्राय सभी हिमनदियो की उत्पत्ति शीन-क्षेत्रो मे ही होती है। अत हिमनदियो का वितरण प्राय वही है जैसा कि शीन-क्षेत्रो का है।

हिमनदियों के प्रकार (Types of glaciers)—हिमनदियाँ विभिन्न स्वरूप धारण करती है। यह स्वरूप विशेषत हिम की मात्रा और उस तल की बनावट पर निर्भर है जहाँ हिम जमती है। यदि इन नदियो का उत्पन्नकर्ता शीन-क्षेत्र किसी पर्वतीय ढाल पर स्थित है तो हिम ढाल से नीचे की ओर खिसकती है; और यदि शीन-क्षेत्र के क्षेत्रफल मे कोई घाटी बाहर की ओर निकलती है तो हिम का प्रमुख सचार घाटी मे केन्द्रित होता है। यदि हिम किसी सपाट तल पर स्थित है तो हिम अपने केन्द्र से चारो ओर को फैलती है।

जो हिमनदियाँ घाटियो मे स्थित होती है उन्हे घाटी की हिमनदी (valley glacier) कहते है। सामान्य बोलचाल की भाषा मे हिमनदी का तात्पर्य साधारणतया घाटी की हिमनदी से ही होता है। समस्त घाटी की हिमनदियो को कभी-

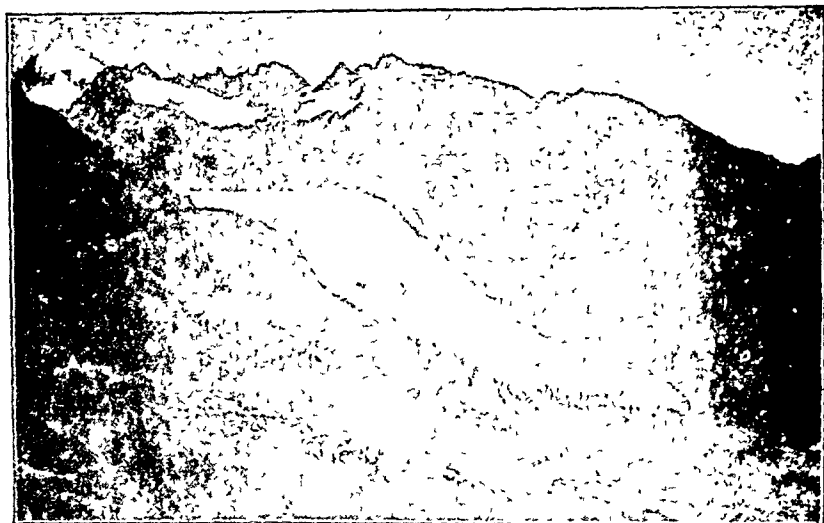



Fig 201
The Rhone glacier. (*Photo by Reid*)

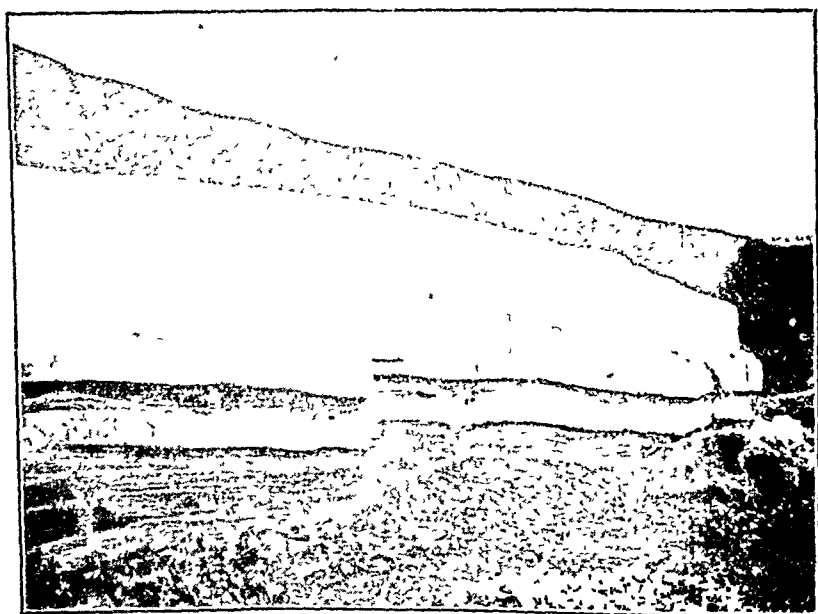



Fig. 202
The end of the Bryant glacier, a high-latitude glacier of North Greenland. (*Photo by Chamberlin*)

कभी आल्पीय हिमनदियाँ (alpine glaciers) कहते हैं, क्योंकि वे उसी सामान्य वर्ग में हैं जिसमें आल्पस पर्वत की हिमनदियाँ हैं; परन्तु उच्च अक्षांशों की घाटी की हिमनदियाँ आल्पस की घाटी की हिमनदियों से कुछ बातों में भिन्न होती हैं। यह विशेषता अधिक प्रपाती पार्श्वों और किनारों के कारण उत्पन्न होती है। इस कारण घाटी की हिमनदियों के एक प्रकार को आल्पीय (Alpine) (चित्र २०१), तथा द्वितीय प्रकार को उच्च अक्षांशीय हिमनदियाँ (चित्र २०२) कहते हैं।

उच्च अक्षांशों में हिमनदी की हिम किसी मैदान अथवा पठार पर एकत्रित होती है। ऐसी अवस्थाओं में हिमनदियाँ आकार-प्रकार में प्रायः वृत्ताकार हो सकती हैं और वे अपने केन्द्रों से चारों ओर को विस्तृत हो सकती हैं। इस प्रकार की हिमनदियों को **हिम-टोपी** (ice-caps) अथवा **हिम-आवरण** (ice-sheets) कहते हैं। कुछ हिम-टोपियाँ बड़ी होती हैं और कुछ छोटी। अण्टार्कटिका एवं ग्रीनलैण्ड की प्रमुख हिम-टोपियाँ बड़ी हैं, परन्तु उसी प्रकार की छोटी हिम-टोपियाँ ग्रीनलैण्ड के तट की विभिन्न ऊँचाइयों पर, आइसलैण्ड में (चित्र २०३) और आर्कटिक द्वीपों पर मिलती हैं।

Fig. 203
A small ice-cap in the north-western part of Iceland. (*After Thoraddsen*)

किन्हीं-किन्हीं पर्वतों के तलों पर घाटी की हिमनदियों के प्रवाह फैलकर मिल जाते हैं और उनके मिलने से हिमनदियाँ बन जाती हैं। इस प्रकार की हिमनदियों को पीडमाण्ट हिमनदियाँ अथवा पर्वतों के प्रान्तों की हिमनदियाँ कहते हैं (चित्र २३१)। इनके अतिरिक्त अनेक शैल-क्षेत्र पर्वतीय उत्प्रपातों (mountain cliffs) के गड्ढों में स्थित होते हैं और वे छोटी हिमनदियों को जन्म देते हैं। ऐसी हिमनदियाँ कभी भी घाटी में नहीं उतर पाती हैं। इस प्रकार की दोषपूर्ण विधि से बनी हुई कम विकसित हिमनदियाँ उत्प्रपाती हिमनदियाँ (cliff glaciers) कहलाती हैं (चित्र २०४)। उत्प्रपाती हिमनदियाँ घाटी की हिमनदियों के ही वर्ग की होती

जाती है और कुछ दरारो अथवा **हिम-दरारो** (crevasses) का मुँह खुला रहता है। हिम-दरारो का एक प्रधान कारण यह होता है कि किसी असमान स्तर के ऊपर सहज ही मे टूट जाने वाली हिम की गति होती है (**चित्र २०७**)। जहाँ किसी हिम-नदी के तल का ढाल अकस्मात वढता है वहाँ **हिम-प्रपातिका** (ice-cascade) वन जाती है (**चित्र २०१ और २०८**), किन्तु एक हिम-प्रपातिका तथा नदियो के प्रपातो अथवा झरनो मे कोई समानता नही होती है। तल के किसी प्रपाती स्थान के ऊपर

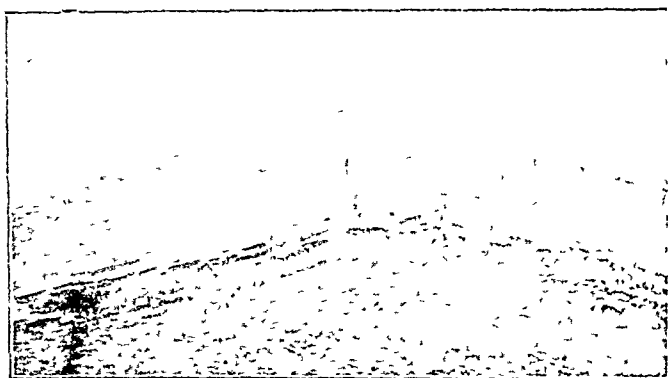



Fig. 207
Crevassed glacier, the cracking due to change of bed North Greenland

से हिम के चलने द्वारा उत्पन्न हिम-दरारे नियमित रूप से हिमनदी से तिरछी अथवा अनुप्रस्थ (transverse) होती है और कुछ उससे तिर्यक (oblique) भी। इस प्रकार की हिम-दरारे अन्य कारणो से भी होती है। चलती हुई हिम का टूटना उन अनेक विशेषताओ मे से एक है जो एक हिमनदी को एक नदी से भिन्न सिद्ध करता है।

जैसे-जैसे हिम और आगे को वढती जाती है वैसे ही वैसे जल की दरारे स्वाभाविक रूप से वन्द होती जाती है, किन्तु वे इस प्रकार से शायद ही कभी जुड पाती है कि उनका ऊपरी तल चिकना हो जाए। जव तक कोई दरार खुली रहती है तव तक उसमे सूर्य की किरणे और सूर्य से गरम की हुई वायु प्रवेश करती रहती है और वे हिम को पिघला देती है। पिघलने से, विशेपकर ऊपरी भाग मे, जल की दरारे चौडी हो जाती है। परिणाम यह होता है कि जव चलने की क्रिया जल-दरारो को वन्द करने का प्रयास करती है तो विपरीत सिरे आपस मे कभी ही ठीक-ठीक

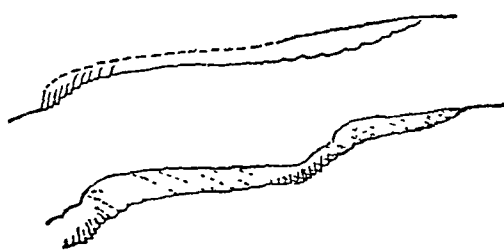



Fig 208
Diagrammatic longitudinal sections of glaciers. (*After Heim*)

रूप से मिल पाते है। इसे चित्र २१० द्वारा स्पष्ट किया गया है। जल की दरारों का फटना और तदनन्तर द्रवीकरण होना (melting) हिम-तल की विपमता के कारण है।

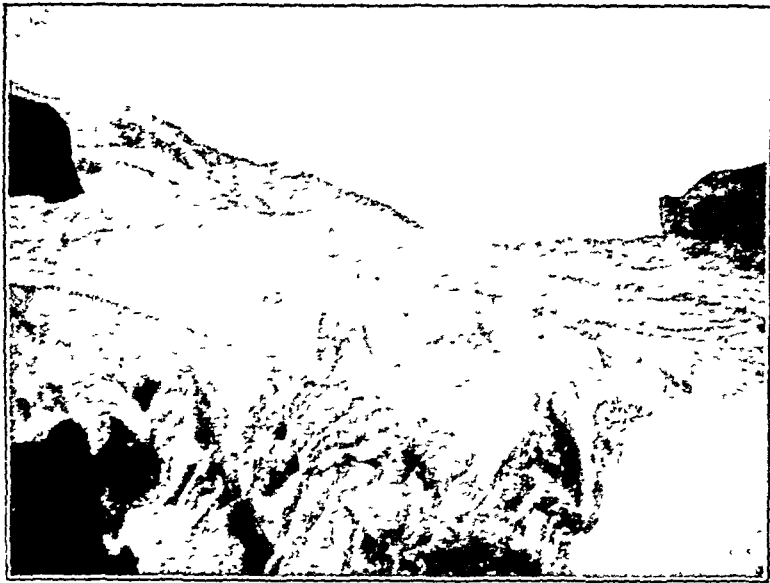



Fig. 209
Crevassing in the upper part of a glacier on Mt. Hood, Ore.
(*Meyers*)

तल की विपमताओ का अन्य कारण तल से जल का निकास (drainage) भी है। अनेक घाटी की हिमनदियाँ शीन-रेखा (snow-line) से पर्याप्त दूर नीचे तक फैली हुई है, और उनके निचले सिरे ग्रीष्म ऋतु मे सक्रिय द्रवीकरण (active melting) के प्रदेश मे पडते है। तल के जल का कुछ भाग तल के नीचे प्रवेश कर जाता है, परन्तु जल का कुछ भाग छोटी नदियो के रूप मे तब तक हिम पर बहने लगता है जब तक कि वह किसी हिम-दरार अथवा हिमनदी के छोर पर न पहुँच जाए। तल की ये लघु सरिताएँ (streams) हिम मे उल्लेखनीय जलमार्ग (घाटियाँ) काट लेती है (चित्र २१२), वे यद्यपि कम ही गहरी होती है, फिर भी तल को असमान बनाने मे सहायता करती है।

Fig 210
Diagram to illustrate one reason why ice crevasses fail to heal as explained in text.

अनेक घाटी की हिमनदियाँ जो पथरीला और मिट्टी सहित मलवा (*stony and earthy debris*) अपने तलो पर लादकर चलती है, वह भी विपमता को उत्पन्न करता है। बड़े-बड़े पत्थर के

टुकडे अपने नीचे की हिम को पिघलने से सुरक्षित रखते है और इस कारण, जब उनके आसपास की असुरक्षित हिम पिघल जाती है, तो वे हिम के आधारो पर स्थित

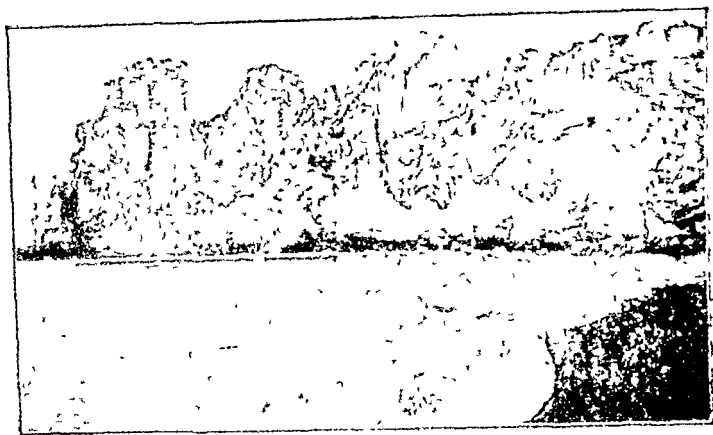
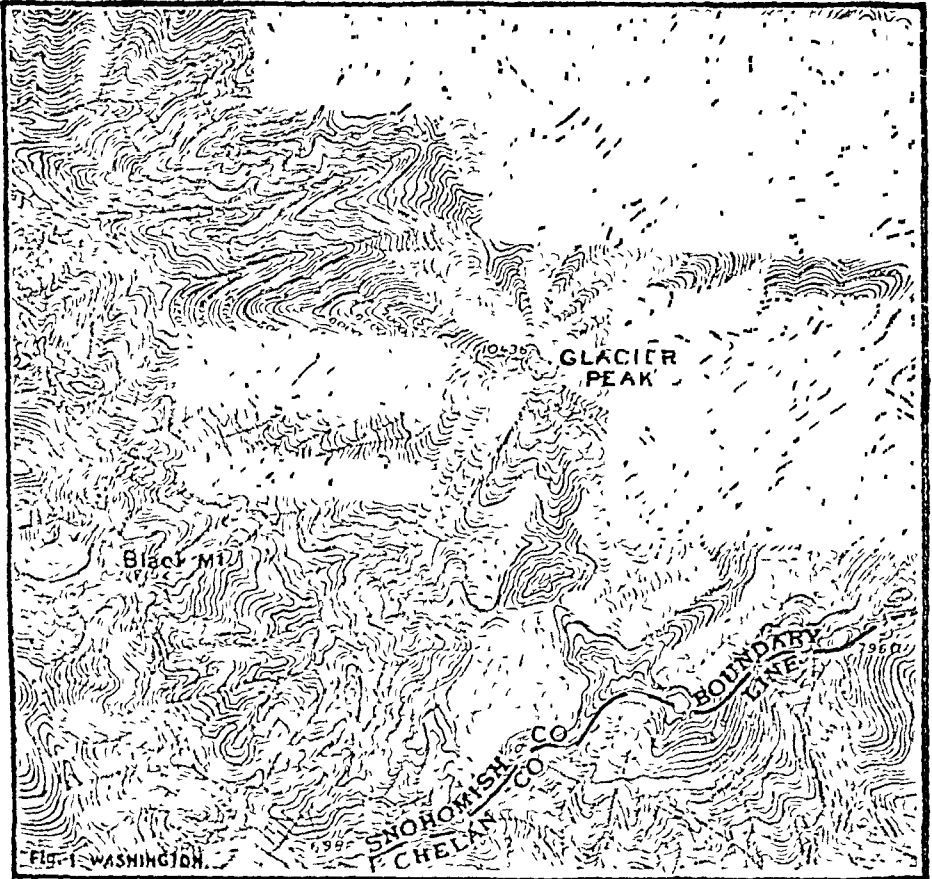
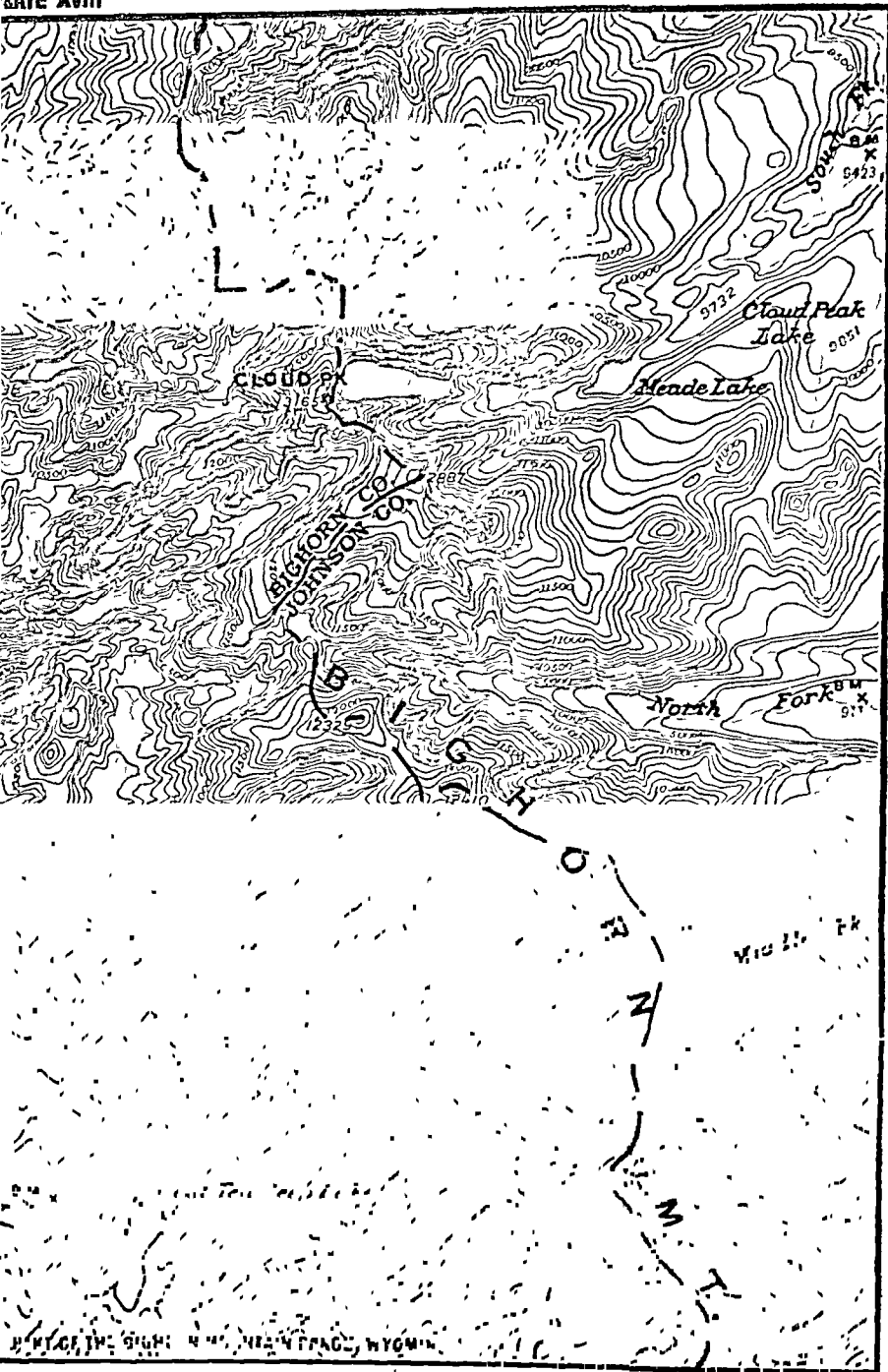



Fig 211
Seracs of glaciers. (*Photo by Reid*)

हो जाते है। किसी प्रकार के मलवे का पर्याप्त समूह यही प्रभाव रखता है, और इसी प्रकार से उन हिम के टीलो (mounds) अथवा हिम-कटको (ice-ridges) को जन्म देता है जो मलवो से ढके रहते है (चित्र २१३)। हिम के तल पर पडे हुए अत्यन्त छोटे-छोटे अथवा पतले-पतले पत्थर उसकी स्थलाकृति (topography) को विपरीत ढग से प्रभावित करते है। हिम की अपेक्षा चट्टान गरमी को अधिक मात्रा मे विलीन करती है और चट्टान के पतले टुकडे सरलता से ही पूर्ण रूप मे गरम हो जाते है। ऐसी स्थिति मे वे टुकडे हिम के भीतर अपने मार्ग को अधिक शीघ्रता से पिघला सकते है और इस प्रकार से वे हिम मे गर्त बना देते है। आसपास के तल की हिम को पिघलाने की यह क्रिया सूर्य द्वारा पिघलाने की अपेक्षा अधिक शीघ्र होती है। हिम के ऊपर धूल के खण्डो के वहने का भी यही परिणाम होता है। धूल द्वारा जिन गर्तो की उत्पत्ति होती है उन्हे **'धूल-कूप'** (dust-wells) कहते है (**चित्र २१५**)। किसी-किसी स्थान पर ये धूल-कूप इतने पास-पास होते है कि हिम पर चलने वाले को अपने कदम रखने मे पर्याप्त सावधान रहना पडता है। उन कूपो की गहराई उनके अपने व्यास और सूर्य की किरणो के कोण पर निर्भर

Fig 212
Valley of a superglacial stream in the Bighorn Mts (*Photo by Blackwelder*)

PLATE XVII

Glaciers on Glacier Peak, Washington. Scale 2— miles per inch. Contour interval 100 feet. (Glacier Peak Sheet, U. S Geol Surv.)

A portion of the Bighorn Mountains, showing glaciated valleys, the heads of which are in many cases cirques. Scale 2—miles per inch. Contour interval 100 feet. Cloud Peak, Wyo., Sheet, U. S. Geol. Surv.)

होती है (चित्र २१६)। उनके नितल उस स्तर से नीचे नही उतरते जिस पर सूर्य की किरणें उनमें स्थित उष्णता को विलीन करने वाले तलछट पर पडती है। किसी ऐसे उष्ण दिन के अन्त मे जिस दिन तापमान द्रवणांक पर होता है, धूल-कूप साधारण-

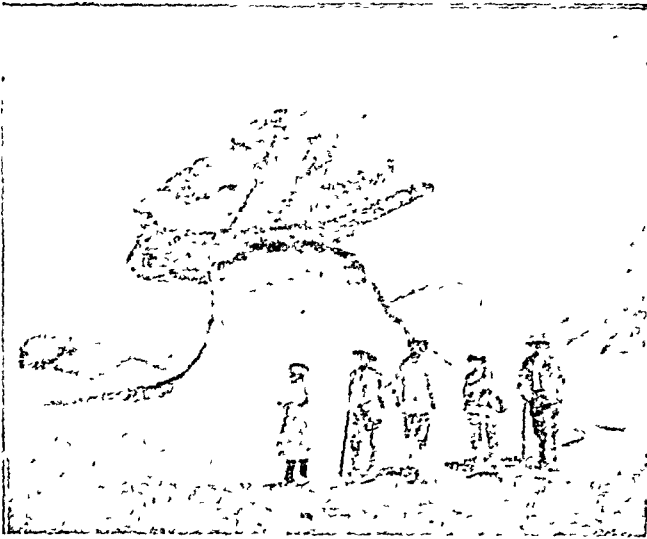



Fig. 213
A very high ice column on the Biafo glacier, Himalaya Mts, at an altitude of about 3,600 metres The column is more than 3 6 metres high.
(*Workman, Geological Journal XXXV, 1910*)

तया जल मे भर जाते है, किन्तु रात्रि मे यह जल प्राय निकल जाता है। जल का यह निकास सिद्ध करता है कि हिमनदी की हिम सामान्यत. अत्यन्त चुचाने वाली होती है। कभी-कभी धूल-कूपो मे मिलते-जुलते और उसी प्रकार से ही उत्पन्न गड्ढे (गर्त) उस शीत के गठीले तल पर उत्पन्न हो जाते है जो कुछ समय तक भूमि पर पडी रही है।

Fig. 214
Ice columns capped by slabs of rock, on Parker Creek Glacier, California. (*U. S. Geological Survey*)

गतिविधि (Movements)

हिम का क्षय और संप्राप्ति (Waste and supply of ice)—हिमनदी की हिम निरन्तर क्षय होती रहती है। यह क्षय विशेषकर ग्रीष्म ऋतु मे तल पर पडी हिम के पिघलने मे होता है, कुछ क्षय तल के नीचे के पिघलाव के कारण होता है क्योंकि अधिकाश हिमनदियो की अधिकतर हिम पर्याप्त समय तक द्रवणाक तापमान पर रहती है, तथा कुछ क्षय वाष्पीकरण द्वारा होता है।

यह सही है कि हिमनदियो मे, विशेषकर ग्रीष्म ऋतुओ मे, और उनके निचले सिरो पर क्षय (waste) पर्याप्त तेजी से होता रहता है, किन्तु फिर भी वे बहुत लम्बे समय तक आकार मे प्राय स्थिर रह सकती है। इससे यह सिद्ध होता है कि इस क्षय की पूर्ति करने के लिए कोई न कोई पूर्ति-स्रोत (source of supply) अवश्य ही होना चाहिए। शीन-क्षेत्र ही इस पूर्ति के स्रोत होते है। उन क्षेत्रो से हिम नीचे को खिसकती रहती है और घाटियो मे तब तक बढती रहती है जब तक कि वह एक ऐसी ऊँचाई तक न पहुँच जाए जो इतनी नीची और इतनी ओष्ण (warm—गरम) हो कि क्षय (मुख्यत पिघलने की क्रिया अथवा द्रावण) आगे की गति को सन्तुलित कर दे।

इस गतिविधि की सत्यता का अनुमान पहली बार यह देखने के पश्चात हुआ था कि (१) हिमनदियो के सिरे जो पहले घाटियो मे ऊपर की ओर थे, कभी-कभी घाटियो के कुछ नीचे तक पहुँच गये, और (२) हिमनदियो के सिरो पर पडे पहचान मे आये हुए पदार्थ उलट दिये गये और हिम द्वारा आगे को ढकेल दिये गये।

संचलन की गति (Rate of movement)—सचलन के तथ्य के एक बार स्थापित हो जाने के बाद उसकी गति को नापने के लिए विभिन्न साधनो पर विचार

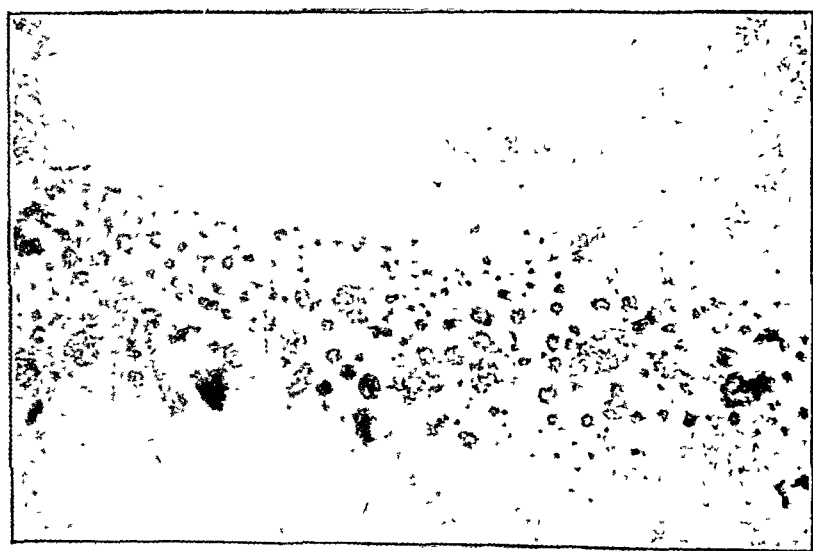



Fig. 215

Dust-wells, North Greenland The wells are a few centimetres in diameter. (*Photo by Chamberlin*)

किया गया। एक सीधी पक्ति मे खूँटो (stakes) की पक्तियाँ लगायी गयी और घाटी के किनारो पर अचल विन्दुओ के अनुसार उनकी स्थितियो पर चिह्न लगा दिये गये। कुछ समय के बाद यह पाया गया कि वे खूँटे घाटी मे नीचे की ओर चले गये है। अधिकाश अवस्थाओ मे ऐसा ज्ञात होता है कि हिमनदी के मध्य भाग के खूँटे

अन्य भागों के खूँटों की अपेक्षा अधिक शीघ्रता से आगे बढ़े हैं, जैसा कि **चित्र २१७** में दिखाया गया है।

इस तथा अन्य विधियों द्वारा अनेक हिमनदियों के संचलन की गति निर्धारित हो चुकी है। इस गति का विस्तार एक ऐसी छोटी मात्रा जिसकी माप कठिनाई से ही हो सकती है, से लेकर कई मीटर प्रतिदिन तक होता है। उत्तरी ग्रीनलैण्ड में एक अति विशाल हिमनदी के बारे में अनुमान है कि वह प्रतिदिन ३० मीटर (१०० फुट) तक चलती है, परन्तु यह निश्चय ही अन्य किसी अधिक परिचित तथा अधिक प्रसिद्ध हिमनदी की गति से अत्यधिक है। अन्य हिमनदियों में कुछ ही ऐसी हैं जिनकी गति ½ मीटर (लगभग १½ फुट) प्रतिदिन से अधिक हो; कुछ की गति तो इससे भी कम होती है।

संचलन की गति को प्रभावित करने वाली परिस्थितियाँ (Conditions affecting rate of movement)—हिमनदी के चलने की गति प्रधानतया निम्नलिखित बातों पर निर्भर ज्ञात होती है :

(१) चलती हुई (संचलन करती हुई) हिम की मोटाई;

(२) जिस तल पर हिम संचलन करता है उसका ढाल;

(३) हिम के ऊपरी तल का ढाल;

(४) हिमनदी के तल (bed) की स्थलाकृति (topography),

(५) तापमान;

(६) हिम में उपस्थित जल की मात्रा, जो जल इस पर गिरता है तथा जो इसके पिघलने (द्रावण) से उत्पन्न होता है दोनों को सम्मिलित करते हुए; और

(७) हिम जिस भार को, विशेषकर अपने नितल में, वहन करती (ढोती) है उसकी मात्रा।

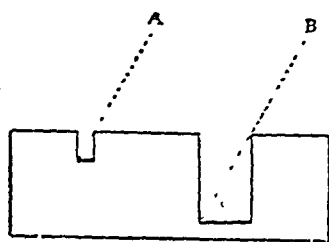



Fig. 216
Diagram to illustrate the fact that wells of larger diameter may be deeper than those of smaller diameter. The slanting lines represent the direction of the sun's rays when the sun is highest.

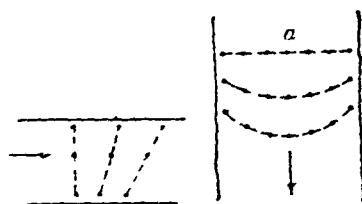



Fig. 217
Diagram illustrating certain features of glacier motion. The figure at the left represents a vertical longitudinal section, and the top as moving faster than the bottom. The figure at the right represents a part of the surface, and the central part as moving faster than the sides.

अधिक मोटाई, प्रपाती ढाल, स्तर की चिकनाई, उच्च तापमान (हिम के लिए) और अधिक जल तीव्र गति के लिए अनुकूल होते है। किन्तु इनमे मे कुछ परिस्थितियाँ—मुख्यत तापमान और जल की मात्रा—ऋतु के माथ बदलती रहती है, अतएव किसी निश्चित हिमनदी के सचलन की गति वर्ष भर स्थायी नही रहती है और साधारणतया वह ग्रीष्म मे जाडो की अपेक्षा अधिक रहती है। अन्य परिस्थितियाँ, विशेषत उपरोक्त प्रथम परिस्थिति, अधिक लम्बे समय मे बदलती है, फलत, सचलन की गति मे परिवर्तन (variations) उत्पन्न करती है।

मानचित्र-कार्य—स्थलाकृतिक मानचित्रो की व्याख्या मे अभ्यास ११ देखिए।

हिमनदी की गति (संचलन) का स्वरूप (Nature of glacier movement)—हिमनदी के सचलन के बारे मे पर्याप्त विचार हो चुका है किन्तु इसके स्वरूप के बारे मे कोई अन्तिम मत निश्चित होता हुआ ज्ञात नही होता। यह एक तथ्य है कि हिम किसी घाटी मे नीचे की ओर को चला करती है। यह क्रिया कुछ-

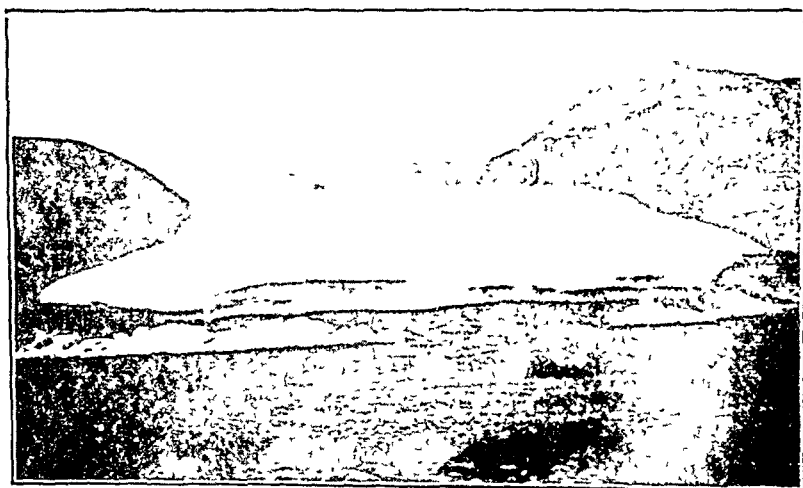



Fig 218
The spreading end of a glacier, North Greenland

कुछ उस क्रिया से मिलती-जुलती है जो एक नदी अपनी घाटी के साथ करती है। यह विचार किया गया है कि हिमनदी एक कठोर द्रव के समान बहती है। आरम्भ मे इस विचार को इस घटना द्वारा समर्थन प्राप्त होता हुआ ज्ञात हुआ कि जब कोई हिमनदी किसी पहाडी की घाटी से चलकर उसके आगे के मैदान मे पहुँचती है तो वह कुछ-कुछ उसी प्रकार सामान्यतया फैल जाती है (**चित्र २१८**) जिस प्रकार कोई कठोर द्रव फैलता है। किन्तु यह ध्यान रखना चाहिए कि फैलता हुआ अथवा विस्तारित सिरा चटककर फट जाता है। हिमनदी के चलने (सचलन) की इस व्याख्या के अधिक समर्थन मे हिम पर विभिन्न प्रयोग किये गये है। वे यह प्रकट करते है कि हिम की एक छड को प्राय किसी भी इच्छित आकार मे उसी समय मोडा

अथवा साँचे में ढाला जा सकता है कि उस पर पर्याप्त दबाव बहुत धीरे-धीरे पर्याप्त लम्बे समय तक डाला जाए।

परन्तु हिम की दिखाई दे सकने वाली चाल और इस तथ्य के होते हुए भी कि अनेक प्रकार से इसका संचलन किसी कठोर द्रव के संचलन के समान ही ज्ञात होता है, यह सन्देहपूर्ण है कि हिम का संचलन बहने (प्रवाह) की अनेक गतियों में से एक है जैसा कि साधारणतया उस शब्द (प्रवाह) से समझा जाता है। यह कहा गया है कि हिमनदी की हिम तल की विषमताओं के ऊपर से चलते समय तथा अन्य कुछ परिस्थितियों में चटककर फट जाती है। चटककर फटना बहने वाले (प्रवाही) पदार्थों की विशेषता नहीं होती है। उच्च अक्षांशों की अनेक हिमनदियाँ उन घाटियों के किनारों तक फैली हुई नहीं होतीं जिनमें कि वे स्थित होती हैं (चित्र २१९ और २२०)। कुछ ऐसी हिमनदियाँ लम्बाई में हिम-दरारों से पूर्ण हैं, और कुछ हिम-दरारों की लम्बाई भी बहुत है। अतएव यदि हिम प्रवाहित होती है तो यह मानना चाहिए कि वह तब तक प्रवाहित होगी जब तक कि वह चटककर फट न जाए। यह स्पष्ट नहीं है कि चाहे जितना स्यान तरल (viscious) द्रव ऐसी क्रिया करेगा ही। ये तथा अन्य विचार इस दृष्टिकोण को लाये हैं कि हिमनदी के सचलन और एक कठोर द्रव के संचलन के बीच की समानता सत्य की अपेक्षा काल्पनिक अधिक है।

Fig. 219
Diagram to show relations of a high-latitude glacier to its valley walls.

यह सम्भव है कि हिमनदी के सचलन का मूल तत्त्व उसके पदार्थ के पिघलने की क्रिया और फिर से दुबारा हिम बनने की क्रिया में ही निहित है। यह विधि अत्यन्त जटिल है; यद्यपि यहाँ उसका विश्लेषण विस्तार के साथ नहीं हो सकता है तथापि उसके कुछ तत्त्वों का उल्लेख तो किया ही जा सकता है।

जब हिमनदी के ऊपरी तल से पानी उसमें नीचे की ओर प्रवेश करता है और वहाँ जाकर जम जाता है तो वह फैलता है और जहाँ पर पानी हिम के रूप में बदलता है वहाँ की हिम पर पर्याप्त बल पड़ा करता है। जमता हुआ जल बल लगाने की जो शक्ति उत्पन्न करता है उसका उदाहरण इस परिचित घटना में मिलता है कि जब जल उनके भीतर जमता है तो बहुत शक्तिशाली जहाज भी टूट जाते हैं। जो जल हिमनदी के नीचे पहुँचता है उसके जम जाने की क्रिया (हिमीकरण) अवश्य ही सचलन उत्पन्न करेगी, और यह सचलन प्रधानतया घाटी के नीचे की ओर ही होना चाहिए, क्योंकि इस ओर गुरुत्व सचलन का सहायक होता है, जबकि वह विपरीत दिशा में बाधक होता है। इसके अतिरिक्त भी, जल फिर से दुबारा हिम का रूप धारण करने से पहले सचलन करता है तो यह सचलन सदा ही नीचे की ही ओर होता है, किन्तु ऐसा केवल हिम की तली की ओर ही नहीं होता बल्कि सामान्यतः घाटी के निचले सिरे की ओर भी होता है। अतएव जल का प्रवाह हिम-

नदी की हिम का स्थानान्तरण करने एवं उसको घाटी के नीचे की ओर लाने का भी एक उपाय है।

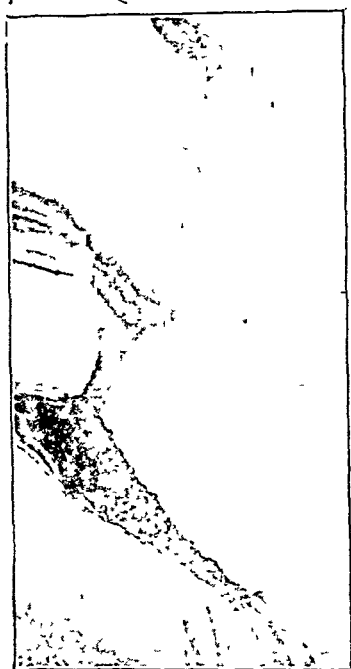



Fig 220
Part of the vertical side of a North Greenland glacier. Some of the vertical, or even overhanging. faces are more than 30 metres high

सूर्य अथवा पृथ्वी की आन्तरिक ऊष्मा के प्रत्यक्ष प्रभावो के अतिरिक्त पिघलने एव फिर से हिम बनने की क्रियाओ के अन्य कारण भी है। ये अन्य कारण स्वयं हिम के सचलन के साथ लगे हुए है। अब ऐसा विश्वास किया जाता है कि हिमनदी के सचलन का एक महत्त्वपूर्ण भाग उस पिघलने की क्रिया द्वारा स्पष्ट किया जाना चाहिए जो संचलन मे निहित आन्तरिक दबावो के फलस्वरूप और पिघलने की क्रिया से उत्पन्न जल को फिर से हिम के रूप मे बदलने की क्रिया से उत्पन्न होता है। अतएव यह विश्वास किया जाता है कि यद्यपि पूर्णरूप से हिमनदी सचलन किसी श्यान तरल पदार्थ के सचलन से ऊपरी समानता रखता है तथापि वास्तविक सचलन अशत शक्ति मे किसी ठोस और अशत हिम मे स्थित जल का ही होता है।

किसी हिमनदी के उस निचले भाग का संचलन जो अधिक मलवा ढोता है, उसके भार के कारण अत्यधिक मन्द होता है। सापेक्षतया नितल के ऊपर की स्वच्छ हिम तेज गति से चलती है और नीचे के उस भाग पर जो मलवा से बोझिल होता है, आगे की ओर धकेली अथवा काटी जा सकती है (**चित्र २२१**)। सचलन का यह स्वरूप सम्भवत अत्यधिक सामान्य होता है और पहले के अनुमान की अपेक्षा अत्यधिक महत्त्वपूर्ण है। उच्च अक्षाशो की हिमनदियो मे जहाँ ऊर्ध्वाधर किनारे (vertical edges) और सिरे हिम की रचना को देखने का अवसर प्रदान करते है, वहाँ पर यह सर्वोत्तम ढग से देखा जा सकता है। किन्ही परिस्थितियो मे हिमनदी सम्भवत अपने तल पर सरकती है, परन्तु सरकना किसी हिमनदी के सचलन मे प्रधान तत्त्व नही माना जाता है।

आकार (Size)—आल्पस पर्वत मे लगभग २,००० हिमनदियाँ है। उनमे सबसे लम्बी लगभग १६ किलोमीटर (१० मील) लम्बी है। ४० से कम लगभग ८ किलोमीटर (५ मील) लम्बी है, और अधिक संख्या मे ऐसी है जिनकी लम्बाई १½ किलोमीटर से कम है। उनमे से कुछ केवल कुछ सौ मीटर चौडी है और १½ मीटर चौडी हिमनदियो की सख्या बहुत ही कम है। उनके निचले सिरो

के अतिरिक्त उनकी मोटाइयाँ शायद ही ज्ञात है, किन्तु उनकी अधिकतम मोटाइयाँ किसी उच्चतर माप-क्रम की अपेक्षा बीसियो मीटरो मे ही नापी जा सकती है।

यूरोप के काकेशस पर्वत और अलास्का मे बडी-बडी आल्पीय (alpine) प्रकार की हिमनदियाँ है। अलास्का की सीवार्ड नाम की हिमनदी (Seward Glacier) ८० किलोमीटर (५० मील) से भी अधिक लम्बी है और अपने सबसे कम चौडे स्थान मे ५ किलोमीटर (३ मील) चौडी है। सयुक्त राज्य के पश्चिमी पर्वतो की हिमनदियाँ (अलास्का से दक्षिण की ओर) आल्पस पर्वत की लम्बी हिमनदियो की अपेक्षा अधिक

Fig. 221
Shearing planes in ice, well-defined North Greenland

सख्या मे छोटी है। इनमे से अनेक हिमनदियाँ, वास्तव मे, प्रपाती हिमनदियाँ है, अथवा घाटी की हिमनदियो और प्रपाती हिमनदियो के बीच की किस्म की है।[1]

हिमावरण (Ice-Caps)

हिमावरण पर्वतीय घाटियो मे स्थित न होकर मैदानो अथवा पठारो पर स्थित रहते है। वे आकार मे बडे अथवा छोटे हो सकते है। बडे हिमावरण घाटियो एव पहाडियो को समान रूप से ढक सकते है। कभी-कभी, अति विशाल हिमावरण **महाद्वीपीय हिमनदियाँ** (continental glaciers) कहलाते है। आधुनिक काल मे ग्रीनलैण्ड तथा अण्टार्कटिका के हिमावरण ही विशाल परिमाण के हिमावरण है।

ग्रीनलैण्ड का क्षेत्रफल विभिन्न अनुमानो के अनुसार १०,२४,००० वर्ग किलोमीटर से १५,३६,००० वर्ग किलोमीटर (४,००,००० वर्गमील से ६,००,००० वर्गमील)

---

[1] हिमालय पर्वत की अधिकाश हिमनदियाँ ८ किलोमीटर (५ मील) से कम लम्बी है किन्तु कुछ ४० किलोमीटर से ५० किलोमीटर (२५ मील से ३० मील) तक लम्बी है। —अनु०

तक बताया गया है और उसके तटो को छोडकर यह सम्पूर्ण क्षेत्र शीन एवं हिम के विशाल क्षेत्र द्वारा ढका हुआ है (**चित्र २२२**)। इसके किनारे के समीप कही-कही पर्वतो के शिखर, शीन-क्षेत्र से ऊपर उठे हुए है और यहाँ इसका तल कुछ मलबे को भी ढोता है। किन्तु, इसके किनारे के आसपास को छोडकर, सम्पूर्ण द्वीप मे जहाँ तक ज्ञात है, शीन से ढके हुए हिम के एक विशाल पठार के अतिरिक्त और कुछ भी दिखाई नही देता है। तल पर की शीन प्राय: पवन द्वारा वेलन की भाँति लुढकती हुई तरगो मे उद्वेलित होती रहती है। शीन एव हिम से ढका हुआ पठार द्वीप के मध्य की ओर क्रमश. ऊँचा उठता जाता है जहाँ वह २,४०० मीटर से लेकर २,७०० मीटर (८,००० से ९,००० फुट) तक की ऊँचाई धारण कर लेता है। हिम की मोटाई ज्ञात नही है, किन्तु जहाँ सबसे अधिक मोटाई है वहाँ सम्भवत यह कुछ सौ मीटर ही मोटी है।

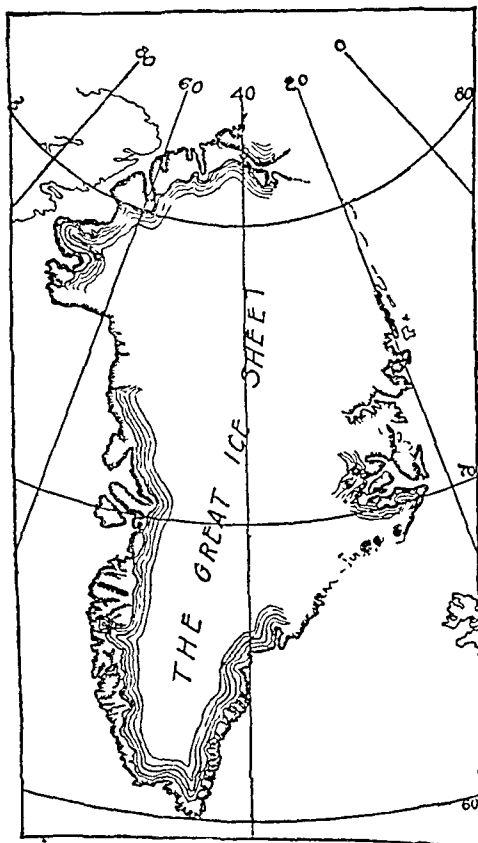



Fig 222
The ice-cap of Greenland. Only the borders of the island are free of ice

इस विशाल क्षेत्र की हिम क्रमश बाहर की ओर को सरक रही है। इसके चलने की गति निर्धारित नही हुई है और सम्भवत वह सभी स्थानो पर समान भी नही है, परन्तु यह गति अत्यन्त मन्द है, वह कदाचित प्रति सप्ताह $\frac{1}{3}$ मीटर (लगभग एक फुट) से अधिक नही है। अपने किनारो के समीप यह हिमावरण हिम-दरारो से पूर्ण है। परन्तु, आन्तरिक भाग, जहाँ तक ज्ञात है, सापेक्षिक रूप से चिकना एव न टूटा हुआ है।

एक अर्थ मे ग्रीनलैण्ड का हिमावरण सहारा मरुभूमि की भी अपेक्षा अधिक मरुस्थलीय स्वभाव का है क्योकि यहाँ पर उस मरुस्थल की भी अपेक्षा कम पौधे और जानवर मिलते है। इसके तटो के आसपास विभिन्न स्थानो पर छोटे-छोटे लाल-लाल पौधे उगते है। यदि उन्हे एक-एक करके अलग-अलग देखा जाए तो वे इतने छोटे है कि उन पर सरलता से ध्यान भी नही दिया जा सकता है, किन्तु कुछ स्थानो मे वे इतनी अधिक सख्या मे है कि उनके कारण शीन का रग स्पष्ट रूप से लाल हो

जाता है जिसे 'लालशीत' (Red snow) कहकर पुकारा जाता है। कभी-कभी छोटे-छोटे जानवर, विशेषकर कतिपय कीटाणुओं के डिम्भ (larvae), भी इनके किनारों से कुछ दूरी तक पीछे की शीत पर तो पाये ही जाते हैं।

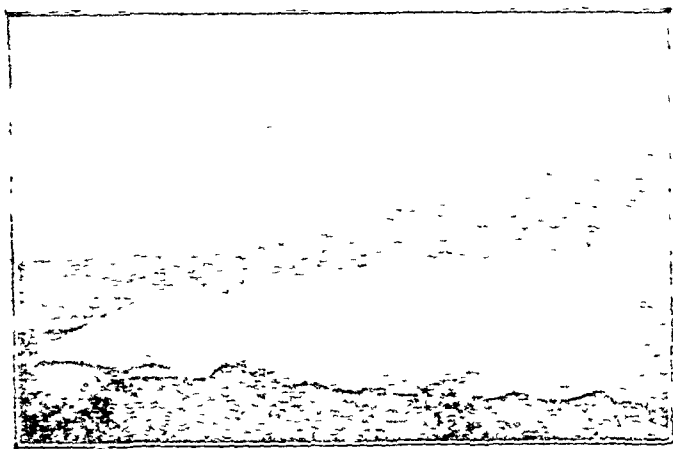



Fig. 223
Edge of the Greenland ice-sheet.

जहाँ पर ग्रीनलैण्ड के हिमावरण का छोर समुद्र-तट से कुछ किलोमीटर भीतर की ओर हटकर स्थित है, वहाँ पर छोर से बाहर शैल-पठार (rock-plateau)

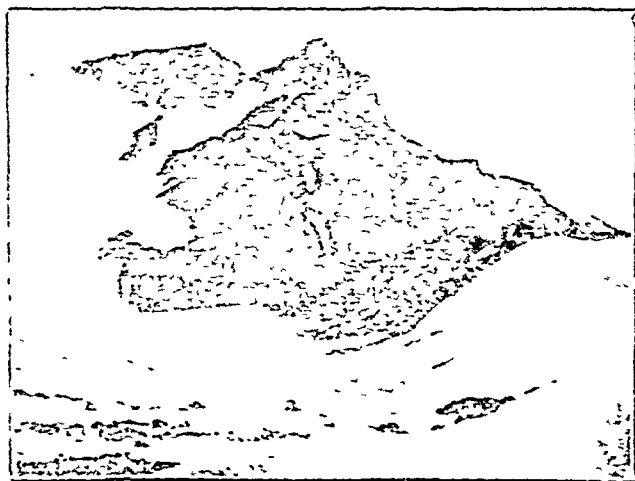



Fig 224
A mountain projecting up through the ice, North Greenland.

अनेक उन घाटियों से युक्त है, जो नीचे समुद्र तक जाती हैं। जहाँ पर हिमावरण का छोर इन घाटियों के शीर्ष तक पहुँचता है वहाँ हिमावरण के छोर से पहले ही इन घाटियों में हिम का संचलन होने लगता है और इस प्रकार से घाटी की हिमनदियों

का निर्माण होता है। अनेक घाटी की हिमनदियाँ नीचे समुद्र मे वहाँ तक संचलन करती है जहाँ पर उनके सिरे टूट जाते है और तैरते हुए हिम-शैल (icebergs) के रूप मे समुद्र मे वह जाते हैं। इनमे से अनेक हिमनदियाँ किसी भी स्विटजरलैण्ड की हिमनदी की अपेक्षा वहुत अधिक वडी है और कुछ अलास्का की विशाल सेवार्ड (Seward) नाम की हिमनदी से भी अधिक वडी है। यद्यपि उनकी सख्या अधिक है, तथापि उनमे हिम की सम्पूर्ण मात्रा उस विशाल हिमावरण, जहाँ से ये नदियाँ उत्पन्न होती है—की मात्रा की तुलना मे नगण्य है।

Fig 225
A *nunatak* projecting up through a Greenland glacier.

अण्टार्कटिक का शीन एव हिम आवरण ग्रीनलैण्ड के हिमावरण की अपेक्षा कही अधिक विस्तृत है, परन्तु उसके क्षेत्रफल का ठीक-ठीक अनुमान नही है (**चित्र २३०**)। जहाँ तक अभी तक ज्ञात है, यह क्षेत्र कुछ करोड वर्ग किलोमीटर के विस्तार मे हो सकता है और सम्भवत इसकी हिम की गहराई ग्रीनलैण्ड की हिम की गहराई से वहुत अधिक है। अनेक उन स्थानो पर हिम समुद्र मे उतर आती है जहाँ इसके अति विशाल खण्ड टूट-टूट कर हिम-शैल (iceberg) के रूप मे समुद्र मे तैरने लगते है। यह ज्ञात नही है कि क्या यह अण्टार्कटिक हिमावरण किसी अटूट (continuous) स्थल-खण्ड पर स्थित है, जो यदि हिम से मुक्त हो जाए तो एक महाद्वीप कहा जाएगा अथवा क्या यह अनेक द्वीपो पर स्थित है जो हिम के अभाव मे उथले जल द्वारा अलग-अलग हो जाएँगे।[1]

Fig. 226
A small glacier descending to the sea, North Greenland.

गिरिपाद अथवा पर्वतप्रान्तीय हिमनदियाँ (Piedmont Glaciers)

अलास्का मे अनेक वडी आल्पीय (alpine) हिमनदियाँ सेट इलियास (St Elias) नाम की पर्वतश्रेणी की समीपवर्ती घाटियो से निकलकर एक निचले मैदान पर आती है जहाँ उनके सिरे फैल जाते है और सयुक्त होकर हिम का एक विशाल पठार बनाते है जो ११० किलोमीटर (७० मील) लम्बा और ३२ से ४०

---

[1] अब यह प्राय एक विशाल महाद्वीप सिद्ध हो चुका है।—अनु०

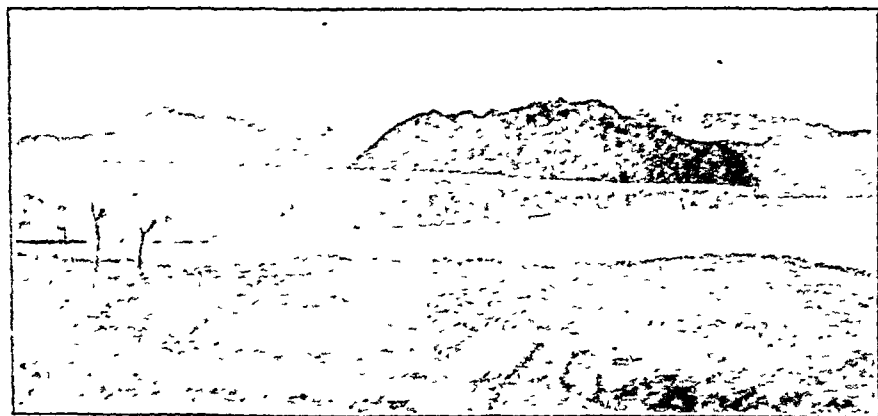



Fig. 227. Front of Miles glacier, Alaska, where it reaches Copper River. (*U. S. Geological Survey*)

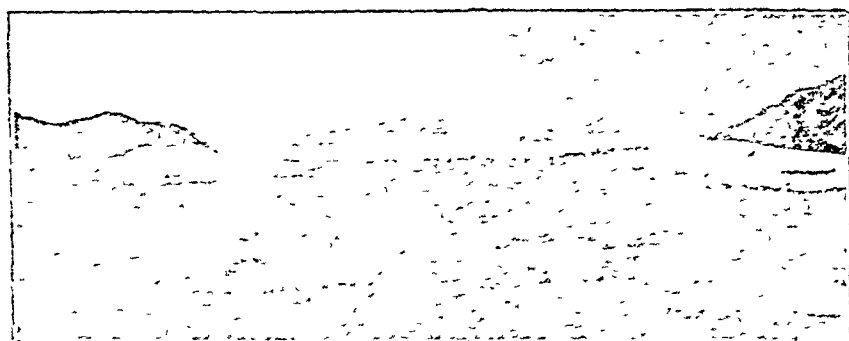



Fig. 228. Glacier and Icebergs.

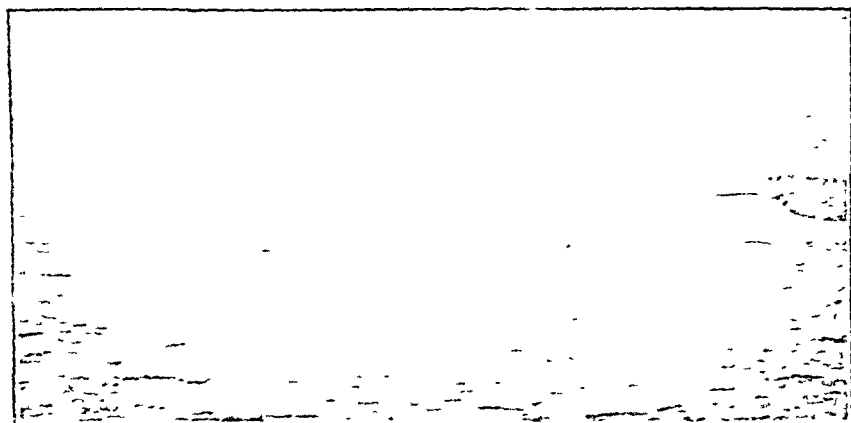



Fig. 229. Iceberg, coast of Greenland.

जहाँ शीन और हिम, स्तरीय-शिला (bed-rock) के उभरे हुए खण्डो के आसपास एकत्रित होती है, वहाँ हिम चलते समय स्तर को तोडने का प्रयास करती है। यदि वे इतने मजबूत होते है कि उनके शरीर को नही तोडा जा सकता है, तो

Fig 232
Forest on the southein border of Malaspina glacier.
(*Photo by Russell*)

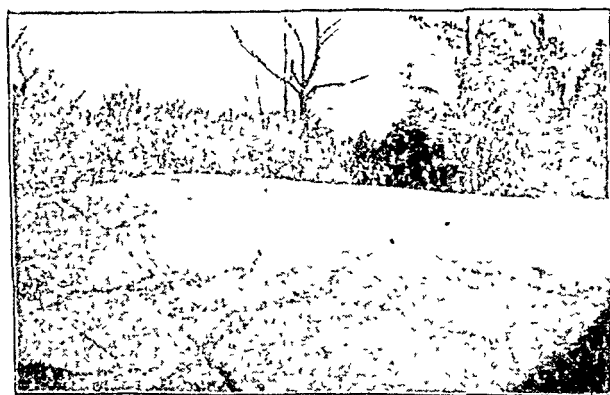



Fig 233
Surface of rock rounded and smoothed by ice
Bronx Park, New York City.
(*U S. Geological Survey*)

उनके तल उस हिम के मार्ग द्वारा घिस जाते है जो अपने नितल मे चट्टान के मलवे को धारण किये होता है। दूसरी बात यह है कि जब कोई हिमनदी उन तलो के ऊपर से सरकती है जो मिट्टी अथवा अन्य चट्टान की चादर से ढके होते है, तो हिम

मिट्टी आदि के साथ जम जाती है; अर्थात् भूमि के ऊपर की हिम मिट्टी के भीतर की हिम के साथ जुड़ जाती है। यह मेल, कम से कम कुछ अंश तक, नीचे उतरते हुए जल के जमनेका कारण उत्पन्न होता है। जब हिम और मिट्टी साथ-साथ जम जाती है तो आगे होने वाली गति न्यूनाधिक मिट्टी को अपने साथ ले चलने का कारण बनती है।

अत. किसी हिमनदी के प्रथम प्रभाव ये होते है—(१) तल से शिथिल मलवे को साफ कर देना, और (२) अपने मार्ग मे पड़ने वाली स्तरीय-शिला (bed-rock) के उभरे हुए खण्डो को तोड देना या घिस देना। हिम के चलने के सामान्य प्रभाव की तुलना एक झुक जाने वाली मोटी रेती (rasp) की गति के साथ की जा

Fig 234
Diagram representing a hill unworn by ice, and the regular contact of soil and rock.

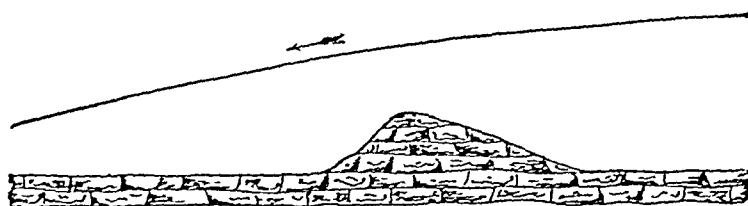



Fig. 235
Diagram showing the effect of glacial wear on a hill such as is shown in Fig. 234.

सकती है जो उस तल की उन विषमताओं के साथ अपना मेल स्थापित कर लेती है जिन पर होकर वह चलती है, यद्यपि इस क्रिया मे कभी-कभी कठिनाई भी उपस्थित होती है। स्वच्छ हिम, चिकनी ठोस चट्टान के ऊपर से चलने पर, कोई अपक्षरण (erosion) नही कर पाती है, किन्तु चट्टानयुक्त हिम (rock-shod ice) ही अपने मार्ग के तल को काटती है, चाहे तल चिकना और ठोस ही क्यो न होता हो।

अधिकाश हिम के आवरण घाटी की हिमनदियो से अधिक मोटे होते है और उनमे से अधिकाश कम ढाल वाले तलो पर चलते है। अधिक मोटाई का कोई भी हिमावरण अपने मार्ग मे बिना विशेष मोड के पर्याप्त पहाडियो और घाटियो के ऊपर चल सकता है। पहाडियो और शिलाओ के उभरे हुए खण्डो के ऊपर से चलती हुई हिम उनको घिसकर चिकना बना देती है (चित्र २३४ और २३५ की तुलना कीजिए)। यह घिसाव पहाड़ी की उस ओर को सबसे अधिक होता है जिधर होकर हिम चलती है। परिणाम यह होता है कि हिमनदी द्वारा किया गया अपक्षरण पहाडियो की शिलाओ को ऐसा आकार प्रदान करता है कि उनकी बनावट से चलने की दिशा ज्ञात हो जाती है (चित्र २३५)।

जिन घाटियो मे होकर हिमनदियाँ गुजरती है वे चौडी और गहरी बन जाती है और उनकी दीवारे सापेक्षतया चिकनी बन जाती है। घाटियो की हिम-

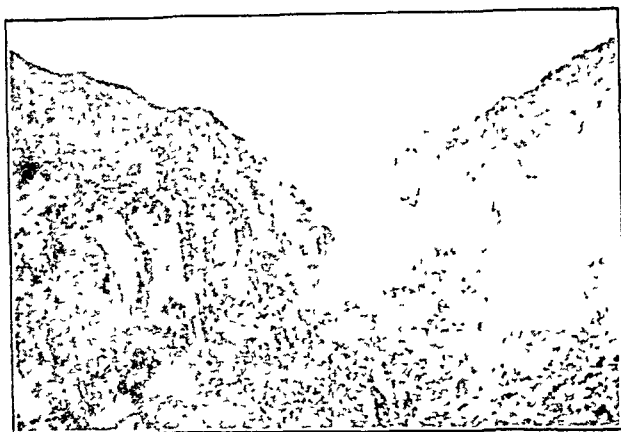



Fig 236
A mountain valley in the same range as the next, but not glaciated. (*Photo by Church*)

नदियाँ V आकार की घाटियो को U आकार की घाटियो मे परिवर्तित कर देती है, जिनके स्पष्ट उदाहरण अनेक पर्वतीय प्रदेशो मे मिलते है (चित्र २३७ और २४०)।

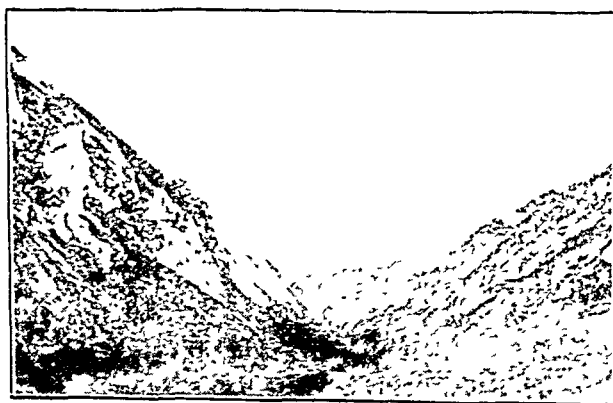



Fig. 237
A mountain valley which has been strongly glaciated, Wasatch Mountains. (*Photo by Church*)

जहाँ पर कोई हिमनदी किसी पर्वतीय घाटी को विशेप रूप से गहरा बना देती है, वहाँ पर गहरी बनायी गयी घाटी और उसकी सहायक घाटियो, जो उस प्रकार से गहरी नही बन पायी है, के बीच सतुलन का अभाव उत्पन्न हो जाता है। इस प्रभाव को **चित्र २४० और २४१** मे दिखाया गया है। सहायक घाटियो के

निम्नतर सिरे (चित्र २४०) उनकी प्रमुख घाटियो के नितल से स्पष्टत. ऊपर है। इस प्रकार की घाटियो को **प्रपाती घाटी** (hanging valley) कहते है।

पश्चिम के पर्वतो मे प्रपाती घाटियाँ पर्याप्त सख्या मे है क्योकि वहाँ पर पहले हिमनदियाँ अब की अपेक्षा अत्यधिक फैली हुई थी। नीचे समुद्र की ओर को आती

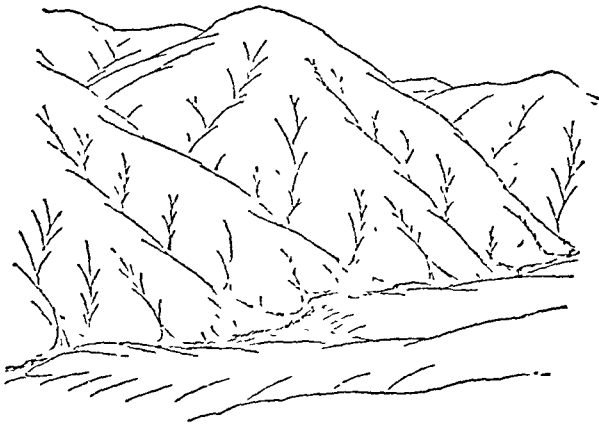



Fig. 238
A normally eroded mountain area not affected by glaciation. (*Davis*)

हुई कुछ घाटी की हिमनदियाँ अपनी घाटियो के निचले छोरो को इस प्रकार गहरा बना देती है कि हिम के पिघलने के बाद वे छोर **संकीर्ण खाड़ियाँ या प्रोद्दरी** (fiords) बन जाते है। परन्तु हिमनदी द्वारा अपक्षरण ही प्रोद्दरी बनने का एकमात्र कारण नही होता है।

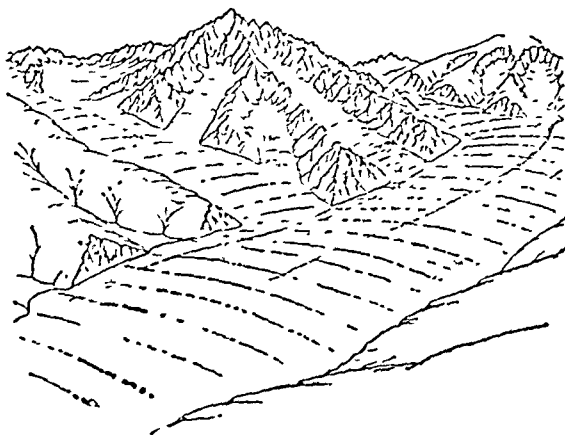



Fig 239
The same area shown in Fig. 238 affected by glaciers which still occupy its valleys. (*Davis*)

चित्र २०८ मे एक पर्वतीय हिमनदी का उसके शीर्ष के समीप का प्रपाती उतार (steep descent) दिखाया गया है। यह प्रपाती ढाल, और विशेषकर उसका

निचला भाग, महान अपक्षरण का स्थान होता है। अपक्षरण घाटी के शीर्ष को पीछे की ओर अधिकाधिक पर्वत मे ले जाता है और साथ ही साथ उसके शीर्ष और पार्श्वों मे प्रपाती ढाल पैदा कर देता है (**चित्र २४३ और पट्ट १८**)। घाटियो के

Fig 240
The same area shown in the two preceding figures after the ice has melted (*Davis*)

वडे, मोथरे, प्रपाती पार्श्व वाले, हिम के आकार के शीर्ष **सर्क** (cirques) **या हिमगार** कहलाते है। यूण्टा (Uinta), विगहौर्न (Bighorn), सीरिया निवादा (Sierra Nevada) तथा सयुक्त राज्य के अनेक अन्य पर्वतो मे हिमगार विचित्र रूप से

Fig. 241
A hanging valley near Lake Kooteny. (*Photo by Atwood*)

विकसित हुए है। अनेक अवस्थाओ मे हिमगारो के नितलो की ठोस चट्टान मे द्रोणियाँ (basins) खुद जाती है और इस प्रकार की द्रोणियाँ उन अनेक छोटी झीलो का स्थान वन जाती है जो पर्वतो के उस प्राकृतिक सौन्दर्य को जो घाटी की हिमनदियो के प्रभाव मे रहे है, चार चाँद लगा देती है।

घाटियो के ऊपर हिम के आवरणो का प्रभाव घाटियो की हिमनदियो (valley glaciers) के प्रभाव की अपेक्षा कम स्पष्ट होता है, क्योकि इस अवस्था मे

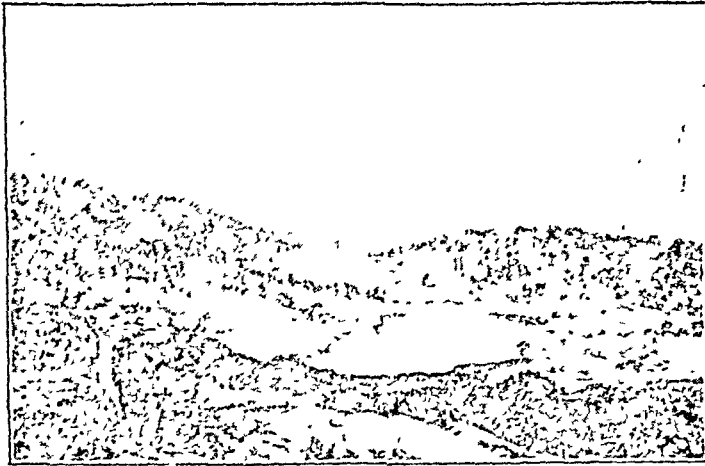



Fig. 242
Figure showing contrast between glaciated rock surface below, and non-glaciated crests above. Kearsarge Pinnacles, Cal.

Fig. 243
A glacial cirque with a small glacier in its head. Bighorn Mts, Wyo (*Photo by Blackwelder*)

हिम घाटियो के बीच के विभाजको और उनके साथ ही साथ स्वय की घाटियो को भी प्रभावित करती है। यह सम्भव है कि जिन घाटियो मे होकर किसी विशाल हिम की चादर की हिम चलती है, वे (घाटियाँ) पास-पड़ोस के पहाड़ी शिखरो की

Fig. 244
Straited rock surface. Kingston, Des Moines Co., Ia (*U S Geological Survey*)

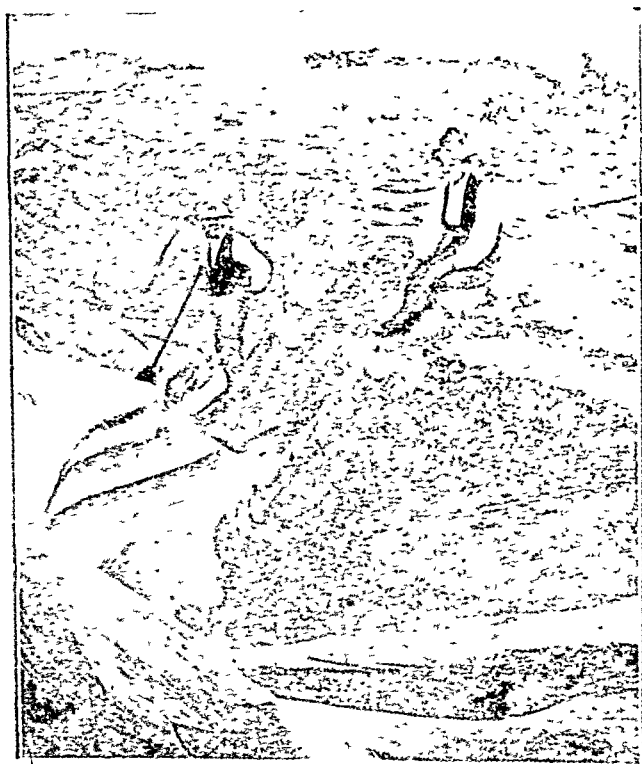



Fig 245
Rock grooved by glaciation. The gorge probably was formed by a stream under the ice, and then polished by the ice Kelley's Island, Lake Erie. (*U S Geological Survey*)

कटान की अपेक्षा अधिक गहरी बन जाती है। यदि ऐसा ही होता है, तो हिमनदी द्वारा किया गया अपक्षरण चट्टान के तल की उद्भृति (relief) को बढ़ा देता है। साथ ही साथ यह सम्भवत ढालों के ढाल को कम करके, और पहाड़ी तथा घाटी के ढालों की अनेक गौण असमानताओं को मिटा कर, तल के खुरदरेपन को कम कर देता है।

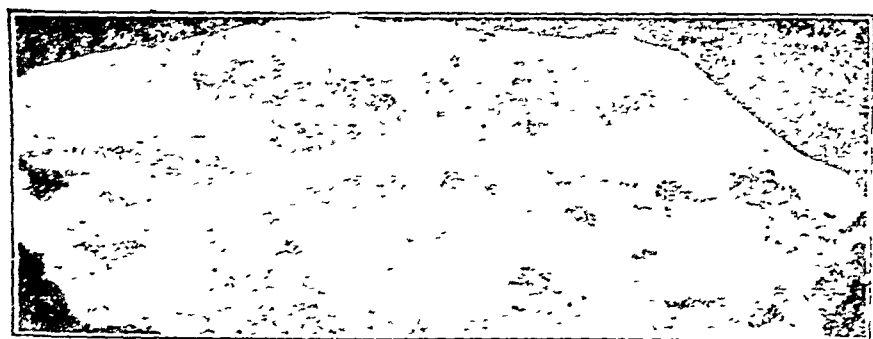



Fig 246
Small protuberances of rock showing the effect of ice wear. The movement was from left to right. Near Darlington, Ind. (*U. S Geological Survey*)

जब किसी हिम के आवरण की हिम घाटियों को पार करती है, जैसा कि विशाल हिम के आवरणों की हिम प्राय किया करती है, तो घाटियाँ विशेष रूप में गहरी होती है, यद्यपि उनके ऊपरी ढाल पर्याप्त घिस सकते है।

Fig 247
Diagram showing, by the wear in the depressions, the direction of ice movement, left to right

जब हिम तल को काटती है तो वह स्पष्ट रेखाएँ अथवा खरोंचे (scratches) उस शैल-स्तर (bed rock) पर बनाती है जिस पर होकर वह निकलती है। ऐसी खरोंचों अथवा रेखाओं को रेखा के चिह्न (striae—रेखाक) कहते है (चित्र २४८)। अनुकूल परिस्थितियों मे खरोंचों के स्थान मे कटाव की नालियाँ (grooves) विकसित हो जाती है। खरोंचे उन पत्थरों के द्वारा बनती है जो हिम के नितल मे बहते रहते है। कटाव की नालियाँ वहीं पर विकसित होती है जहाँ स्तरीय शैल अधिक निर्बल होती है, अथवा जहाँ बड़े-बड़े गोलाश्म (bowlders) हिम के नितल मे दृढ़ता से जमे रहते है और अधिक दबाव के साथ आगे बढ़ते है। हिम के नितल मे सूक्ष्म मिट्टी (मृत्तिका—clay) युक्त पदार्थ नीचे की चट्टान (शैल) को परिमार्जित (polish) करता है। परिमार्जन, खरोंच और नालियाँ, जो हिम के पिघल जाने के

वाद शैल के तल पर शेष रह जाते हैं, हिमनदियो के पूर्व अस्तित्व के सबसे अधिक स्पष्ट विशेष चिह्नो मे से होते है। किमी सीमित क्षेत्र मे, खरोचे साधारणत' एक दूसरी के प्राय समानान्तर रहती है और उम दिशा अथवा दो दिशाओ मे से एक को प्रकट करती है, जिधर को हिम का प्रवाह हुआ था। इन दो दिशाओ के मध्य के अन्तर को, तल की छोटी असमानताओ की सहायता से निश्चित कर सकना सम्भव होता है, जैसा कि **चित्र २४६** और **२४७** मे दिखाया गया है।

हिम के नितल मे स्थित शिलाखण्ड एक-दूसरे मे रगड खाते है और साथ ही साथ हिमनदी की तलैटी की चट्टान के साथ भी रगड खाते रहते है, और उन पर भी उतने ही खरोच हो जाते है जितने कि शैल-स्तर पर हो जाते है (**चित्र २४८**

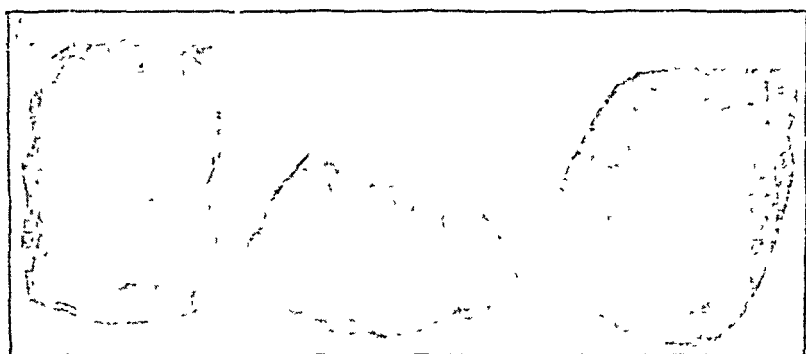



Fig 248
Stones striated by glacial wear

और २४९)। चूँकि हिम के भीतर के शिलाखण्ड हिम के प्रवाह के कारण समय-समय पर अपनी स्थितियाँ बदलते रहते है, अत उनमे से अनेक, दो अथवा अधिक ओर को रेखित (striated) हो जाते है।

हिम द्वारा वहाये जाने वाले पदार्थ, जैसे-जैमे एक दूमरे से और उस तलैटी (bed) से जिम पर से वे गुजरते है, रगड खाते जाते है, वैसे ही वैमे वे अधिक महीन होते जाते है। घिसाव से उत्पन्न महीन पदार्थ चट्टान का चूरा (rock flour) वन जाते है। साथ ही साथ उन कणो मे से कुछ मोटे कण अथवा स्थूल भाग वालू के कणो, गिट्टियो अथवा वडे पत्थरो के आकार के भी होते है। इस प्रकार मे ऐसा होता है कि हिम द्वारा एकत्र एव निर्मित पदार्थ मोटेपन या स्थूलता के समस्त क्रमो (grades) के होते है, वे कई मीटर के व्यास वाले विशाल खण्डो से लेकर महीन से भी महीन मिट्टी तक होते है। चट्टानो (शिलाओ) के अधिक वडे खण्ड गोलाश्म (bowlders), छोटे-छोटे खण्ड पाषाण-वट्टियाँ (cobble stones) या गिट्टियाँ (pebbles) या वजरी (gravels) आदि नामो से पुकारे जाते है, और अति महीन खण्डो को सामान्यत **वालू** (sand), **चट्टान का चूर्ण** (rock flour) **अथवा मृत्तिका** (clay) **कहते है।**

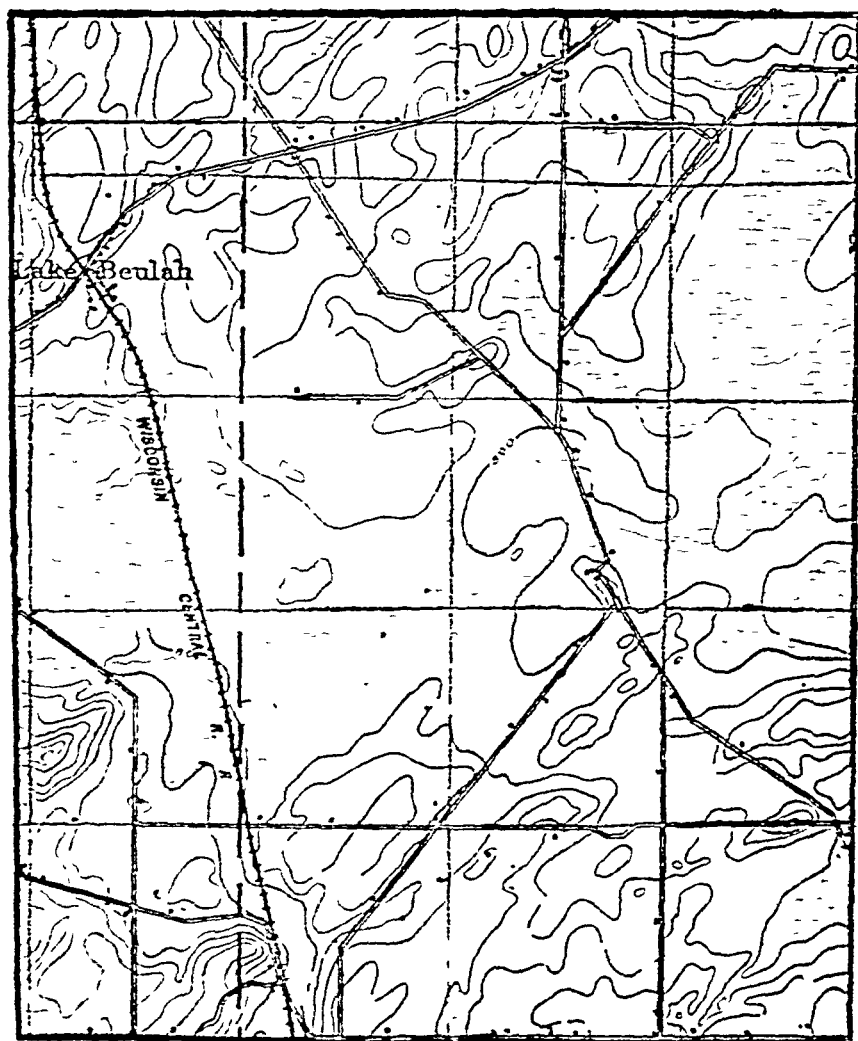
PLATE XIX

Characteristic drift topography. Scale 1— mile per inch. Contour interval 20 feet (Eagle, Wis., Sheet, U. S. Geol. Surv.)

Fig. 265

A perched bowlder, size $4 \times 2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$ metres. East of Englewood, N J. (*N. J Geological Survey*)

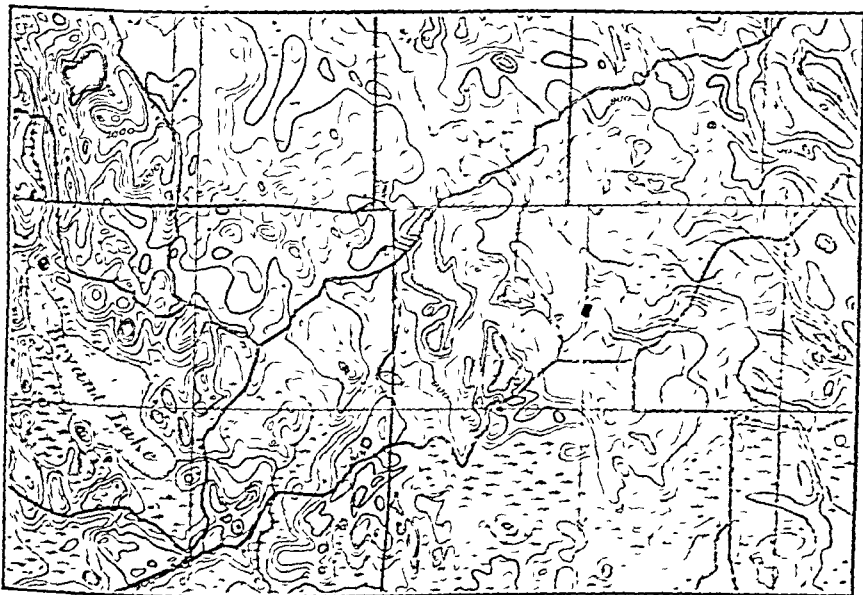



Fig 266

Topography of drift shown in contours, an area near Minneapolis, Minn Scale about 1 cm. to $\frac{1}{5}$ km. (*U. S. Geological Survey*)

(७) अपोढ का व्यवस्थापन (disposal) इस प्रकार का होता है जैसा अन्य कोई एक स्थान से दूसरे स्थान को ले जाने वाला कारक (transporting agent) उस पदार्थ का नही करता है जिसे वह छोडता है (**चित्र २६४**)। घाटी की हिमनदियो की अनोखी पार्श्विक हिमोढ-कटके एव सीमान्त हिमोढ जो अशत या पूर्णत घाटियो को रोक देते है और झीलो, जलाशयो एव दलदलो की उत्पत्ति करते है जो घाटी की हिमनदियो के विशेष निक्षेपो मे से होते है।

(८) हिमनदी के निक्षेपो का अन्य विशेष, यद्यपि कम प्रचलित, चिह्न विषम सन्तुलित स्थितियो वाले गोलाश्म (bowlders) होते है जो **दुःस्थित गोलाश्म** (perched bowlders) भी कहलाते है (**चित्र २६५**)।

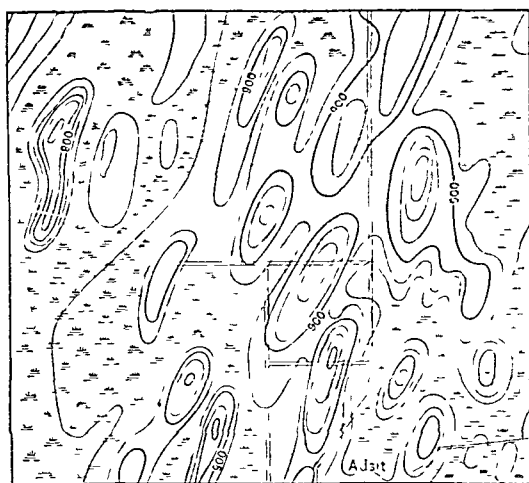



Fig 267
One phase of ground moraine topography Elongated hills of drift of the type shown here are called *drumlins*. South eastern Wisconsin (*U S. Geological Survey*)

हिम की चादरे (हिमावरण—ice sheets) भी इसी प्रकार ये चिह्न छोडती है

(१) अपोढ की राशियाँ, जो पर्वतीय हिमनदियो की राशियो से बहुत अधिक मिलती जुलती होती है यद्यपि सामान्यत उनसे कम स्थूल होती है। यह अपोढ सीमान्त हिमोढो (**चित्र २६० और २६६**) तथा तल पर स्थित हिमोढो (**चित्र २६१ और २६७**) के रूप मे होता है, जिनके तल पर

(२) अनेक झीले, जलाशय और दलदल बिखरे रहते है जो अपोढ के तल मे स्थित केटली अथवा प्याली की शक्ल वाले गर्तो को भरते है।

(३) हिम की चादरे जिन चट्टानो पर होकर गुजरती है उनके तल को चिकना, रेखित एव खाँचेदार (grooved) बना देती है।

हिमनदी सम्बन्धी निक्षेप (Fluvio-glacial Deposits)

हिमनदियो के आकार मे वृद्धि होने के समय मे भी, उनकी हिम कुछ सीमा तक पिघलती ही रहती है और उनका विलुप्त हो जाना भी पिघलने के ही कारण होता है। अधिकाश समय किसी हिमावरण के छोर पर और घाटियो की हिमनदियो के अन्त के नीचे जल के बहने की गति पर्याप्त शक्तिशाली रहती है, और ग्रीष्म ऋतु मे जब हिम शीघ्रता से पिघलती रहती है तो जो सरिताएँ उनका पानी ले जाती है वे अत्यधिक उमड पडती है। अतएव समस्त स्थितियो मे जल की क्रिया हिम की

क्रिया के साथ ही साथ होती रहती है, और, चूँकि साधारणतया लगभग जितनी हिम होनी है उतना ही जल भी होता है और हिम द्वारा छोड़े हुए अपोढ़ पर जल को अन्तिम अवसर मिलता है, अतः निष्कर्ष रूप मे अपोढ़ का कुछ भाग जिस रूप में हिम द्वारा छोड़ा जाता है उस रूप में जल द्वारा न्यूनाधिक परिवर्तित किया जाता है। जो सरिताएँ हिमनदियों से निकलती हैं वे हिम से निकले हुए अधिकांश मलवे को बहा ले जाती हैं। आरम्भ में इस मलवे मे स्थूल और सूक्ष्म दोनो प्रकार के पदार्थ रहते हैं किन्तु बजरी और छोटे गोलाश्म शीघ्र ही त्याग दिये जाते है और केवल सूक्ष्म पदार्थ ही बहुत दूर तक बहाये जाते हैं। ऐसी अनेक सरिताएँ इतना अधिक महीन रेत (silt—गाद) आलम्बन (suspension) के रूप में ढोती हैं कि उनका पानी गँदला रहता है। यदि गाद सफेद है, जैसी कि प्राय. हुआ करती है, तो सरिताओं को 'दूधिया' (milky) कहा जाता है।

हिमनदियों के नीचे की घाटियाँ बजरी, बालू और गाद के निक्षेपण के कारण हिमनदी सम्बन्धी मलवे (fluvio-glacial debris) के द्वारा प्राय: कुछ सीमा तक ऊँची उठ जाती है। इस प्रकार के निक्षेप स्तरमय (stratified) हो जाते हैं और इसीलिए हिम द्वारा बनाये गये निक्षेपो से विपरीत होते हैं, और, चूँकि सरिता द्वारा उत्पन्न किये हुए निक्षेपों का तल साधारणतया समतल होता है, अत. हिम द्वारा उत्पन्न अपोढ़ की स्थलाकृति के विपरीत होता है।

किसी हिमनदी के नीचे की घाटी मे सरिता द्वारा जमा किये हुए पदार्थ को **घाटी की शृंखला** (valley train) कहा जाता है। यह विशेष परिस्थितियो मे विकसित एक कछारी मैदान (alluvial plain) होता है। घाटी के निक्षेपों का सर्वोत्तम विकास सीमान्त हिमोढो के ठीक बाहर की ओर होता है (चित्र २६८)।

Fig. 268

Diagram to illustrate the profile of a valley train, and its relations to terminal moraine in which it heads. M is the moraine.

किसी हिमावरण (ice-cap) की स्थिति मे जो पानी हिम से निकलता है वह कोई घाटी प्राप्त करने मे असफल हो सकता है। तब हिम से निकलने वाली प्रत्येक सरिता एक कछारी पंख (alluvial fan) विकसित करने का प्रयास करती है। बढ़ते-बढ़ते ये पंख मिल जाते है और एक कछारी मैदान (alluvial plain) बना देते है। इस प्रकार का मैदान जो हिम से निकले हुए पदार्थ से बनता है, **गलेश्वर नदी-अपक्षेप** (Outwash Plain) होता है (चित्र २६९) जिसकी चौड़ाई उसकी लम्बाई से अधिक हो सकती है। यह हिम के समीप स्थूल पदार्थ का बना होता है और हिम से दूर सूक्ष्मतर पदार्थ का गलेश्वर नदी-अपक्षेप मैदानो का सर्वोत्तम

विकास, घाटी की हिमनदियो की अपेक्षा हिमावरण के सीमान्त हिमोढों के ठीक वाहर होता है और उनके पदार्थ स्तरमय हो जाते है।

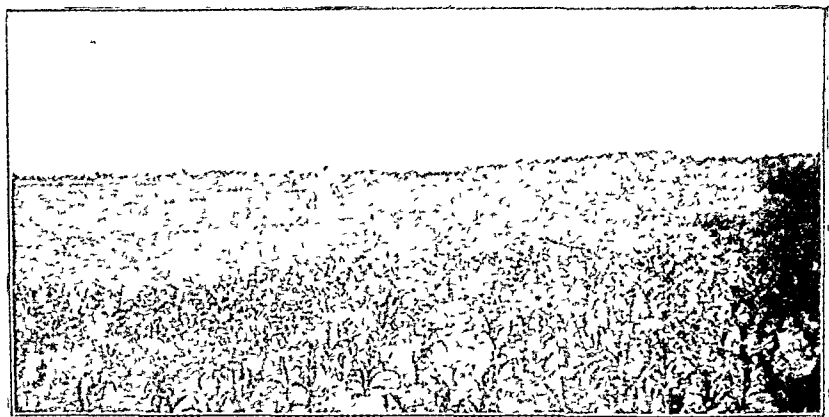



Fig. 269
The outwash plain and the terminal moraine (at the right) near Baraboo, Wis (*Photo by Atwood*)

कोई हिमनदी तल के प्रवाह मे वाधक हो मकती है। यदि अपने आगे की गति मे हिम किसी घाटी के निचले अन्त मे वाधक वनती है तो जल ऊपर की ओर एकत्रित हो जाता है और एक झील बन जाती है। पिघलती हुई हिम से जल-

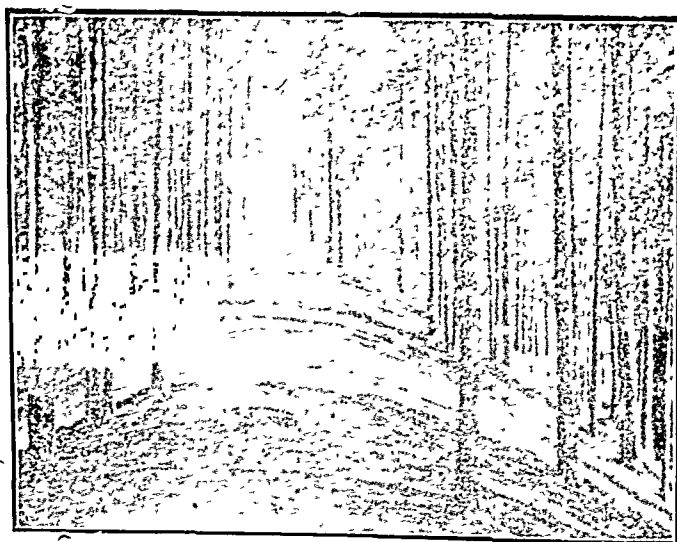



Fig 270
An esker in Finland

निकास (drainage) झीलों में उसी प्रकार डेल्टा बना सकता है जिस प्रकार अन्य सरिताएँ उस स्थिर जलराशि (standing water) में डेल्टा बनाती है जिसमें वे गिरती है।

हिम के बाहरी जल-निकास के अतिरिक्त हिम में तथा उसके नीचे बहता हुआ जल भी रहता है। हिम के नीचे कुछ उप-हिम-सरिताएँ (sub-glacial streams) अपने जलमार्गों में बजरी जमा कर देती है। ये जलमार्ग क्रमशः इस प्रकार बन सकते है कि जब हिम पिघले तो सरिता की पुरानी तलैटी (bed) एक नीचे किन्तु सँकरे कटक के समान ज्ञात हो तो उसे **हिमनदी द्वारा उत्पन्न मिट्टी का कटक** (esker—**एस्कर अथवा हिमनद-मृद्कटक**) कहते है, जो प्रधानतया बजरी (gravel) और बालू द्वारा बनती है (**चित्र २७०**)। वर्तमान काल मे हिमनदियो अथवा हिम-आवरणो के नीचे की सरिताएँ हिमनद-मृद्कटक का निर्माण करती हुई नही देखी गयी है और अतीत काल मे घाटी की हिमनदियो के नीचे बनाये गये हिमनद-मृद्कटक भी अज्ञात ही है। अतएव ऐसा प्रतीत होता है कि ज्ञात हिमनद-मृद्कटक हिम-चादरो के नीचे बनाये गये है जिनकी हिम अब पिघल गयी है।

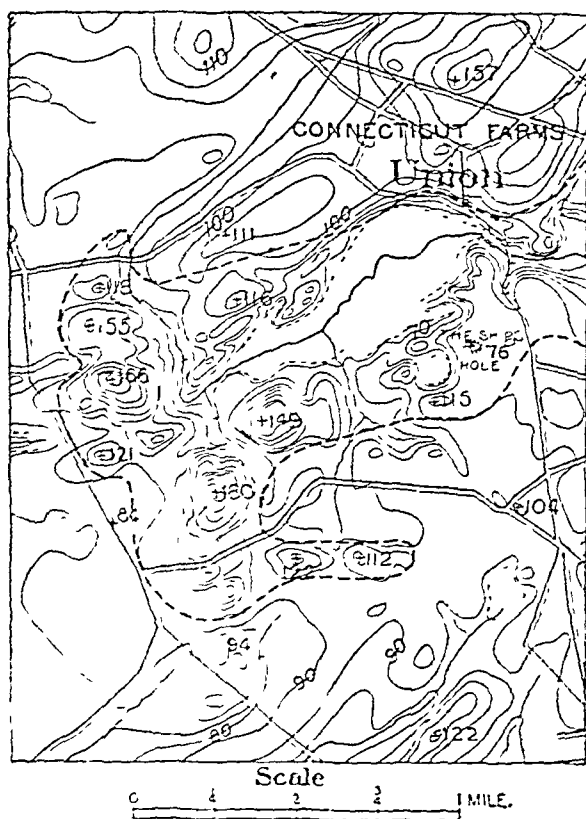



Fig 271
A group of Kames near Connecticut Farms, N. J (*N. J Geological Survey*)

उपहिम-जलमार्ग (sub-ice channels) कुछ-कुछ उसी प्रकार की नालियों का सा प्रभाव रखते है जिनमे से होकर जल पर्याप्त वेग के साथ बलात् निकलता है। जब यह जल हिम के नीचे से निकलता है तो इसके वेग को रुकावट मिलती है, और यह हिम के छोर पर बजरी और बालू का विस्तृत निक्षेप बना सकता है। ये जमाव स्तरयुक्त हो जाते है, किन्तु यह स्तरीकरण अति अव्यवस्थित हो सकता है। इस प्रकार के जमाव या निक्षेप हिम के छोर पर पड़े रह जाते है, और जब हिम का छोर पिघलता है तो ये

निक्षेप टीलों अथवा पहाड़ियों के समान दिखाई पड़ते है और वे **कंकतगिरि** (Kames—केम) कहलाते है (**चित्र २७१**)। गलेश्वर नदी-अपक्षेपों (outwash plains) और हिमनद-मृद्‌कटको के समान ही ककतगिरि भी घाटी की हिमनदियो की अपेक्षा हिमावरणो द्वारा विकसित होते है।

गर्मी के दिनो मे हिमनदियो के तलो पर अनेक छोटी सरिताएँ वन जाती है। ऐसा विशेषकर तभी होता है जवकि हिम का तल हिम की दरारो से अधिक फटा हुआ नही होता है। किन्तु ये तलीय सरिताएँ शायद ही कभी कोई महत्त्वपूर्ण निक्षेप वनाती है। हिमावरणो के तलो पर, उनके सुदूर छोरो के अतिरिक्त न के तुल्य मलवा रहता है जिसके कारण उनकी तलीय सरिताएँ कोई मलवा प्राप्त नही कर पाती है और वे साधारणतया स्वच्छ रहती है।

जिस समय हिम पिघलकर वह जाती है, तो इसके पिघलाव से उत्पन्न जल उस अपोढ़ के तल के ऊपर से होकर वहता है जिसे हिम ने पहले ही जमा कर रखा था और जल उसके किसी भाग को काटकर तथा किसी अन्य भाग मे जमा होकर उसे कुछ सीमा तक परिवर्तित कर देता है।

जल की क्रिया के इन विभिन्न पहलुओ के परिणामस्वरूप अपोढ का अधिक भाग स्तरमय (stratified) हो जाता है। स्तरमय अपोढ़ अस्तरयुक्त अपोढ़ के ऊपर, नीचे अथवा दो अस्तरयुक्त अपोढ़ के मध्य मे हो सकता है। किसी-किसी स्थिति मे यह हिम द्वारा प्राप्त सीमा के वाहर भी पडा रहता है।

प्लावी हिमशैल (Icebergs—पानी मे तैरती हुई हिम की वडी चट्टाने)

जहाँ घाटी की हिमनदियाँ समुद्र तक पहुँच जाती है वहाँ पर उनके सिरे टूट-टूटकर समुद्र मे **हिमशैल** (icebergs) के रूप मे तैरने लगते है। यह टूटने की क्रिया विभिन्न प्रकार से होती है। जैसे-जेसे हिम समुद्र की गहराई की ओर वढती जाती है और वह एक ऐसे समुद्र में पहुँच जाती है जो पर्याप्त गहरा होता है, तो हिम जल मे डूवे रहने के प्रभाव (buoyant effect—उत्प्लावी प्रभाव) से टूट जाती है क्योकि हिम जल की अपेक्षा हलकी होती है। समुद्र मे पहुँचने से पहले ही हिम अंशत. हिम-दरारो (crevasses) के द्वारा तोडी जा सकती है।

ग्रीनलैण्ड मे उत्पन्न ये हिमशैल पर्याप्त सख्या मे दक्षिण की ओर न्यूफाउण्डलैण्ड तक वह आते है। इनमे से कुछ तो और भी दक्षिणी अक्षाशो तक चले जाते है, किन्तु वे अपने उद्‌गम स्थान से इतनी दूरी तक वह आने के समय मे पिघलकर छोटे हो जाते है। ग्रीनलैण्ड से आने वाले हिमशैल शायद ही कभी जल से ६० मीटर (२०० फुट) ऊँचे उठ पाते है और उनमे से अधिकाश अपने स्रोतो के समीप भी ३० मीटर (१०० फुट) से अधिक ऊँचे नही उठते है। उनमे से कई एक तो दो किलोमीटर से भी अधिक चौडे होते है। दक्षिणी ध्रुवीय प्रदेशो मे हिमशैल क्षेत्रफल मे और भी अधिक विशाल होते है, यद्यपि ऊँचाई वाले हिमशैल सम्भवत. देखने को नही मिलते है। एक हिमशैल जो जल से ६० मीटर ऊँचा होता है, वह उभरे हुए भागो को छोड़ कर, ४५० मीटर से ६०० मीटर तक मोटा होना चाहिए। यद्यपि नदी अथवा झील

की हिम पानी की तुलना में उसके लगभग $\frac{1}{10}$ भाग भारी होती है किन्तु हिमनदी की हिम, जब तक कि वह शैल के मलबे से भारी न हो, कम भारी होती है। शीत से बनी हुई हिम उतनी सघन नही होती है जितनी कि नदियो और झीलों पर बनी हुई हिम होती है।

जब हिमशैल बह निकलते हैं, तो वे हिमनदी के नितल में स्थित न्यूनाधिक मलबे को ढोने लगते है। समुद्र के जल मे हिम का पिघलाव आरम्भ हो जाता है और वह मलबा जो पिघले हुए भाग द्वारा उठाया गया था, समुद्र के नितल में गिर जाता है। प्राय. ऐसा होता है कि यदि हिमशैल अपने प्रवाह के आरम्भ में उलटता है, तो हिमनदी के नितल का मलबा, यदि वह तुरन्त ही फिसलकर नीचे नहीं डूब जाता है, हिमशैल के पार्श्वों अथवा शीर्ष पर दिखाई देने लगता है। हिम की अपेक्षा यह मलबा सूर्य की अधिक गर्मी को ग्रहण कर लेता है और शीघ्र ही पिघलकर हिम से अलग हो जाता है; अथवा अधिक सत्य बात तो यह है कि इसके आसपास की हिम शीघ्र पिघल जाती हैं। यदि मलबा किसी हिमशैल के पार्श्व पर रहता है तो वह समुद्र मे नीचे गिर जाता है।

हिमशैल प्राय. (१) लहरो के कटाव, (२) हिम के टुकड़ो के अलगाव, (३) असमान पिघलाव आदि के कारण मुड़ अथवा एक ओर को झुक जाते हैं। ये समस्त क्रियाएँ उनके गुरुत्व के केन्द्रों को परिवर्तित करती रहती है और इस प्रकार उनके सन्तुलन को बिगाड़ देती है।

उत्तर से आने वाले हिमशैल अधिक मलबे को दूर तक ढोते हुए प्रतीत नही होते। औसत हिमशैल सम्भवत· १६० किलोमीटर (१०० मील) तक बहने के पहले ही अपने मलबे से छुटकारा पा जाता है। यह सामान्य धारणा कि न्यूफाउण्डलैण्ड के तट अधिकाशत हिमशैल निक्षेपो द्वारा निर्मित हुए थे, सम्भवत. यथार्थ मे निराधार है।

उत्तरी अटलाण्टिक महासागर मे हिमशैल यदाकदा अटलाण्टिक के आरपार होने वाले व्यापार के मार्ग मे पहुँच जाते है और कुहरे से घिरे रहने के कारण यातायात और यात्रा के लिए बाधक होते है।

प्राचीन हिमनदियाँ और हिम-चादरें
(Ancient Glaciers and Ice-sheets)

पृथ्वी के इतिहास मे ऐसे काल हुए है जबकि हिमनदियाँ वर्तमान काल की अपेक्षा अत्यधिक विस्तृत थी। इन कालो मे से सबसे अन्तिम काल हिमनदी-युग (the glacial period) के नाम से प्रसिद्ध है। इस युग मे पश्चिमी पहाड़ो की हिमनदिया आज की अपेक्षा अत्यधिक विशाल थी, और अनेक पर्वतो मे अनेक हिमनदियाँ थी जिनमे अब कोई भी नही रही है। न्यू मैक्सिको, अरीजोना और नेवादा के उच्च पर्वतो मे भी छोटी-छोटी हिमनदियाँ स्थित थीं। उस काल मे यूटाह अथवा कोलोरेडो की हिमनदियो मे हिम की मात्रा उस समस्त हिम की मात्रा से अत्यधिक थी जो अब अलास्का के दक्षिण मे सयुक्त राज्य मे वर्तमान है। संयुक्त राज्य के उत्तर मे पश्चिमी पहाड़ो की हिमनदिया भी तदनुकूल आज की अपेक्षा अधिक विशाल थी;

साथ ही साथ इन्ही पर्वतो के पूरव की ओर लगभग १,०४,००,००० वर्ग किलोमीटर के विस्तार का एक क्षेत्र (चित्र २७२), जो अशत कनाडा और अशत. सयुक्त राज्य मे स्थित है, एक हिम-चादर अथवा एक महाद्वीपीय हिमनदी से ढका हुआ था।

ऐसा प्रतीत होता है कि उत्तरी अमरीका की हिम-चादर दो या तीन मुख्य केन्द्रो से विकसित हुई थी—एक हडसन की खाडी से पूरव, दूसरी इससे पश्चिम की

Fig. 272
Sketch map showing the area in North America covered by ice at the maximum stage of glaciation. (*Chamberlin*)

ओर, और तीसरी सम्भवत खाडी के दक्षिण-पश्चिम मे (जिसे पैट्रीशियन केन्द्र Patrician Centre—कहते है; और उसे मानचित्र मे नही दिखाया गया है)। सम्भवत. इन केन्द्रो का हिम-विकास समकालीन नही था; किन्तु विस्तार को अलग कर देने पर निस्सन्देह यह कहा जा सकता है कि प्रत्येक केन्द्र का आरम्भ एक विशाल शीन-क्षेत्र से हुआ था। शीन के गिरने से शीन एव हिम-क्षेत्र बढ़ गये और

साथ ही साथ इन्ही पर्वतो के पूरब की ओर लगभग १,०४,००,००० वर्ग किलोमीटर के विस्तार का एक क्षेत्र (चित्र २७२), जो अशत· कनाडा और अशत· सयुक्त राज्य मे स्थित है, एक हिम-चादर अथवा एक महाद्वीपीय हिमनदी से ढका हुआ था।

ऐसा प्रतीत होता है कि उत्तरी अमरीका की हिम-चादर दो या तीन मुख्य केन्द्रो से विकसित हुई थी—एक हडसन की खाड़ी से पूरब, दूसरी इससे पश्चिम की

Fig. 272
Sketch map showing the area in North America covered by ice at the maximum stage of glaciation. (*Chamberlin*)

ओर, और तीसरी सम्भवत. खाडी के दक्षिण-पश्चिम मे (जिसे पैट्रीशियन केन्द्र Patrician Centre—कहते है, और उसे मानचित्र मे नही दिखाया गया है)। सम्भवत इन केन्द्रो का हिम-विकास समकालीन नही था; किन्तु विस्तार को अलग कर देने पर निस्सन्देह यह कहा जा सकता है कि प्रत्येक केन्द्र का आरम्भ एक विशाल शीन-क्षेत्र से हुआ था। शीन के गिरने से शीन एवं हिम-क्षेत्र बढ़ गये और

बाद में उस हिम के फैलाव से बढ़े जो शीन के द्वारा उत्पन्न हुई। इन केन्द्रों से विकसित हुई हिम-चादरें अन्त में बढ़ाव के कारण एक हो गयी (चित्र २७२)। यह ध्यान रखने की बात है कि विशाल महाद्वीपीय हिमनदी पर्वतो मे उत्पन्न नही हुई थी, वरन् उसका विकास ऊँचे मैदानों से ही हुआ था।

पश्चिमी पर्वतों की घाटी की विशाल हिमनदियो के अतिरिक्त उनमे हिम-चादर के समान हिम की राशियाँ अनुकूल परिस्थितियों मे विकसित हुई थी, यद्यपि हिम की निरन्तरता पर्वतीय शिखरों और चोटियों (crests and peaks) के कारण अति खण्डित थी। पर्वतीय हिम ने कॉरडीलरा की हिम-चादर (Cordilleran ice-sheet) को उत्पन्न किया था (चित्र २७२)। कुछ स्थानो में घाटी की हिमनदियाँ नीचे के मैदानों से वहाँ पर मिल गयी जहाँ पर पीडमोण्ट की (piedmont—पर्वत प्रान्तीय) विशाल आकार वाली हिमनदियो का विकास हुआ था।

अपने विशालतम विस्तार के अवसर पर उत्तरी अमरीका की हिम-चादर ने समस्त न्यूइंगलैण्ड, न्यूजरसी के उत्तरी भाग और पेसिलवेनिया, तथा ओहियो और इण्डियाना नदियों का अधिक भाग ढक रखा था। उसके छोर ने ओहियो नदी को उस स्थान पर पार कर लिया था जहाँ आज सिनसिनाटी (Cincinati) स्थित है और केण्टुकी (Kentucky) के भीतर कुछ किलोमीटर तक बढ गयी थी; और, पश्चिम मे यह लगभग इलिनॉस (Illinois) के दक्षिणी सिरे तक पहुँच गयी थी। सेण्टलुई (St. Louis) के समीप उसके छोर ने मिसीसिपी नदी को पार किया था और एक सामान्य रूप मे मोण्टाना (Montana) तक मिसौरी नदी के मार्ग का अनुसरण किया था। इस रेखा से उत्तर की ओर महाद्वीप का अधिक भाग शीन एव हिम से ढका हुआ था, परन्तु २० अथवा २६ हजार वर्ग किलोमीटर का एक क्षेत्र, विशेषत: दक्षिण-पश्चिमी विसकासिन (Wisconsin) मे, हिम से आच्छादित नही था। इस प्रदेश मे अपोढ (drift) के अभाव के कारण इस क्षेत्र को 'अपोढ़हीन क्षेत्र' (driftless area) कहा जाता है।

लगभग उसी समय यूरोप मे विस्तृत हिमाच्छादन (extensive glaciation) के अनुकूल परिस्थितियाँ वर्तमान थी। उदाहरण के लिए, आल्पस पर्वत की हिमनदियाँ उसकी आधुनिक हिमनदियो की अपेक्षा कई गुनी अधिक विशाल थी। दक्षिण की ओर वे पर्वतीय घाटियो और इटली के मैदानो मे पूर्णरूप से फैली हुई थी। अन्य दिशाओं मे भी हिमनदियाँ तदनुकूल आज की अपेक्षा अधिक विशाल थी। हिमनदियो के इस दीर्घ विस्तार का पता हिमोढो तथा उन रेखयुक्त-शिलाओ (moraines and striated rocks) आदि से लगता है जिन्हे हिम ने वहाँ छोड दिया जहाँ वह पिघल गयी थी। यूरोप के अन्य पर्वतो मे, जहाँ आज हिमनदियाँ मिलती है और कुछ मे जहाँ हिमनदियाँ नही भी है, समान परिस्थितियाँ वर्तमान थी।

उत्तरी यूरोप मे, उत्तरी अमरीका के उत्तरी भाग के समान ही एक विस्तृत हिम-चादर थी, किन्तु इसका क्षेत्रफल उत्तरी अमरीका की हिम-चादर के क्षेत्रफल का लगभग आधा था। प्रधान केन्द्र जहाँ से हिम की चादर चारो ओर फैली थी,

साथ ही साथ इन्ही पर्वतो के पूरब की ओर लगभग १,०४,००,००० वर्ग किलोमीटर के विस्तार का एक क्षेत्र (चित्र २७२), जो अंशत कनाडा और अशत. सयुक्त राज्य मे स्थित है, एक हिम-चादर अथवा एक महाद्वीपीय हिमनदी से ढका हुआ था।

ऐसा प्रतीत होता है कि उत्तरी अमरीका की हिम-चादर दो या तीन मुख्य केन्द्रो से विकसित हुई थी—एक हडसन की खाडी से पूरब, दूसरी इससे पश्चिम की

Fig. 272

Sketch map showing the area in North America covered by ice at the maximum stage of glaciation. (*Chamberlin*)

ओर, और तीसरी सम्भवत. खाडी के दक्षिण-पश्चिम मे (जिसे पैट्रीशियन केन्द्र Patrician Centre—कहते है; और उसे मानचित्र मे नही दिखाया गया है)। सम्भवत. इन केन्द्रों का हिम-विकास समकालीन नही था; किन्तु विस्तार को अलग कर देने पर निस्सन्देह यह कहा जा सकता है कि प्रत्येक केन्द्र का आरम्भ एक विशाल शीन-क्षेत्र से हुआ था। शीन के गिरने से शीन एव हिम-क्षेत्र बढ़ गये और

बाद मे उस हिम के फैलाव से बढ़े जो शीन के द्वारा उत्पन्न हुई। इन केन्द्रो से विकसित हुई हिम-चादरें अन्त में बढ़ाव के कारण एक हो गयी (चित्र २७२)। यह ध्यान रखने की बात है कि विशाल महाद्वीपीय हिमनदी पर्वतो मे उत्पन्न नही हुई थी, वरन् उसका विकास ऊँचे मैदानों से ही हुआ था।

पश्चिमी पर्वतों की घाटी की विशाल हिमनदियो के अतिरिक्त उनमे हिम-चादर के समान हिम की राशियाँ अनुकूल परिस्थितियों मे विकसित हुई थी, यद्यपि हिम की निरन्तरता पर्वतीय शिखरो और चोटियों (crests and peaks) के कारण अति खण्डित थी। पर्वतीय हिम ने **कॉरडीलरा की हिम-चादर** (Cordilleran ice-sheet) को उत्पन्न किया था (चित्र २७२)। कुछ स्थानो मे घाटी की हिमनदियाँ नीचे के मैदानो से वहाँ पर मिल गयीं जहाँ पर पीडमौण्ट की (piedmont—पर्वत प्रान्तीय) विशाल आकार वाली हिमनदियों का विकास हुआ था।

अपने विशालतम विस्तार के अवसर पर उत्तरी अमरीका की हिम-चादर ने समस्त न्यूइंगलैण्ड, न्यूजरसी के उत्तरी भाग और पेंसिलवेनिया, तथा ओहियो और इण्डियाना नदियों का अधिक भाग ढक रखा था। उसके छोर ने ओहियो नदी को उस स्थान पर पार कर लिया था जहाँ आज सिनसिनाटी (Cincinati) स्थित है और केण्टुकी (Kentucky) के भीतर कुछ किलोमीटर तक बढ़ गयी थी; और, पश्चिम मे यह लगभग इलिनॉस (Illinois) के दक्षिणी सिरे तक पहुँच गयी थी। सेण्टलुई (St. Louis) के समीप उसके छोर ने मिसीसिपी नदी को पार किया था और एक सामान्य रूप मे मोण्टाना (Montana) तक मिसौरी नदी के मार्ग का अनुसरण किया था। इस रेखा से उत्तर की ओर महाद्वीप का अधिक भाग शीन एवं हिम से ढका हुआ था, परन्तु २० अथवा २६ हजार वर्ग किलोमीटर का एक क्षेत्र, विशेषत. दक्षिण-पश्चिमी विसकांसिन (Wisconsin) मे, हिम से आच्छादित नही था। इस प्रदेश मे अपोढ (drift) के अभाव के कारण इस क्षेत्र को 'अपोढ़हीन क्षेत्र' (driftless area) कहा जाता है।

लगभग उसी समय यूरोप मे विस्तृत हिमाच्छादन (extensive glaciation) के अनुकूल परिस्थितियाँ वर्तमान थी। उदाहरण के लिए, आल्पस पर्वत की हिमनदियाँ उसकी आधुनिक हिमनदियो की अपेक्षा कई गुनी अधिक विशाल थी। दक्षिण की ओर वे पर्वतीय घाटियो और इटली के मैदानो मे पूर्णरूप से फैली हुई थी। अन्य दिशाओं मे भी हिमनदियाँ तदनुकूल आज की अपेक्षा अधिक विशाल थी। हिमनदियो के इस दीर्घ विस्तार का पता हिमोढो तथा उन रेखयुक्त-शिलाओ (moraines and striated rocks) आदि से लगता है जिन्हे हिम ने वहाँ छोड दिया जहाँ वह पिघल गयी थी। यूरोप के अन्य पर्वतो मे, जहाँ आज हिमनदियाँ मिलती है और कुछ मे जहाँ हिमनदियाँ नही भी है, समान परिस्थितियाँ वर्तमान थी।

उत्तरी यूरोप मे, उत्तरी अमरीका के उत्तरी भाग के समान ही एक विस्तृत हिम-चादर थी, किन्तु इसका क्षेत्रफल उत्तरी अमरीका की हिम-चादर के क्षेत्रफल का लगभग आधा था। प्रधान केन्द्र जहाँ से हिम की चादर चारो ओर फैली थी,

स्कैंडेनेविया (Scandinavia) के उच्च पर्वत थे, और सहायक केन्द्र (subordinate centres) स्कॉटलैण्ड के पठारो और यूराल पर्वतो मे थे। अपने विशालतम विस्तार के अवसर पर इस हिम-चादर ने ग्रेट ब्रिटेन के केवल दक्षिणतम भाग को छोड़कर, उसका सम्पूर्ण भाग ढक रखा था (चित्र २७३)।

अन्य महाद्वीपो मे विशाल हिम-चादरे विकसित हुई हो ऐसा ज्ञात नही है, किन्तु उनकी पर्वतीय हिमनदियाँ विशाल थी।

यूरोप तथा उत्तरी अमरीका दोनो ही महाद्वीपो मे महाद्वीपीय हिमनदियो का इतिहास जटिल रहा है। प्रत्येक महाद्वीप मे अनेक क्रमिक (successive) हिम-चादरे थी जो एक दूसरे से समय के पर्याप्त अन्तर के कारण अलग थी। उत्तरी अमरीका मे घटनाओ का क्रम कुछ-कुछ निम्नलिखित था.

पहली विशाल हिम-चादर के विकास के पश्चात्, वह हिम-चादर सिकुडकर छोटे अनुपातो मे हो गयी, अथवा पूर्णतः विलीन हो गयी, जिसका कारण सम्भवतः जलवायु का परिवर्तन था। पहली हिम-चादर के पीछे एक उष्ण काल आया और

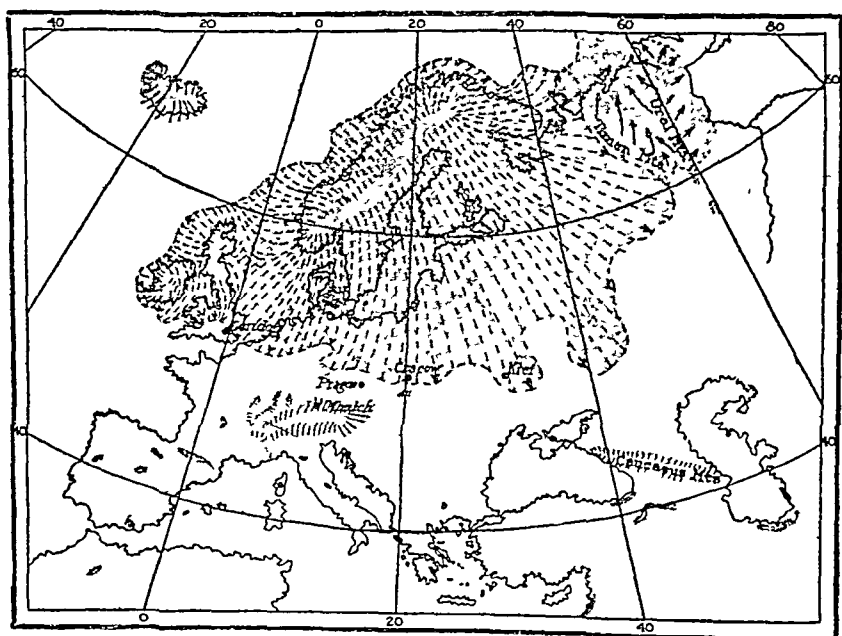



Fig. 273

Sketch map showing the area of Europe covered by the continental glacier at the time of its maximum development. (*After Jas. Geikie*)

जिस प्रदेश मे से हिम नष्ट हो गयी थी, उस प्रदेश में पौधो और जीवो ने अधिकार स्थापित किया। इसके पश्चात् एक दूसरी महाद्वीपीय हिम-चादर का विकास हुआ, जिसने प्रथम हिम-चादर द्वारा मुक्त किये गये प्रदेश को पुन ढक लिया और दक्षिण मे और भी दूर तक फैल गयी। अपने बढ़ाव मे द्वितीय हिम-चादर ने जहाँ-तहाँ उस

मिट्टी को ढक दिया जो प्रथम युग की हिम द्वारा निक्षिप्त अपोढ़ के शीर्ष पर बन चुकी थी। इस प्रकार की मिट्टियाँ—(१) कुछ स्थानों में पौधो के अवशेषो के साथ जो पहचाने जा सकते हैं; (२) जो अपोढ़ की एक नीचे की और एक ऊपर की तहो के बीच पड़ी हैं; उन कसौटियो मे से एक हैं जिनसे यह ज्ञात होता है कि उस काल मे एक से अधिक महाद्वीपीय हिमनदियाँ थी। इस तथा अन्य उपायो द्वारा तीसरी, चौथी और सम्भवत: पाँचवी हिम-चादर, प्रत्येक अपनी पहले वाली हिम-चादर से कुछ छोटी विकसित हुई और बाद को विलुप्त भी हुई। अन्य शब्दो में कम से कम चार ऐसे युग हुए जब हिम-चादरे फैली हुई थी, और ये चारों युग ऐसे युगों द्वारा पृथक है जबकि या तो हिम अत्यन्त कम हो गयी थी अथवा वह सर्वथा ही विलीन हो गयी थी। यूरोप की हिम-चादरों का इतिहास भी इसके ही समान था।

हिमनदियों के युगों के कारण (Cause of the Glacial Epochs)

विशाल हिम-चादरों के विकास का कारण निस्सन्देह जलवायु सम्बन्धी था, जिसमें मुख्य कारण तापमान मे कमी का होना था। इस शीत जलवायु का कारण निश्चित रूप से ज्ञात नहीं है। इसकी व्याख्या के लिए विभिन्न कल्पनाएँ की गयी है, किन्तु उनमे अधिकांश के लिए घातक आपत्तियाँ भी प्रतीत होती है। इस विषय का विस्तार यहाँ पर नही किया जाएगा, किन्तु यह कहा जा सकता है कि एकमात्र कल्पना जिस पर अविश्वास किया ही नहीं जा सकता, यह है कि वह कल्पना जलवायु के परिवर्तनो का सम्बन्ध वायुमण्डल की रचना में होने वाले परिवर्तनों से जोड़ती है। ऐसा ज्ञात होता है कि वायु मे प्रांगार द्विजारेय (carbondioxide) एवं जल की भाप की मात्रा मे वृद्धि का परिणाम जलवायु में सुधार होता है, जबकि इन तत्त्वों की कमी का परिणाम तापमान में ह्रास होता है। इस कल्पना मे निहित तत्त्वों का यहाँ पूर्ण विवेचन नही किया जा सकता है, किन्तु यह कहा जा सकता है कि वायुमण्डल के इन तत्त्वो की मात्रा मे वृद्धि एवं न्यूनता के सत्य दिखाई देने वाले कारणो का सुझाव यहाँ दे दिया गया है और सापेक्षित रूप से उन प्रदेशो मे जहाँ हिम आवरण विकसित हुए थे, अधिक अवक्षेपण (precipitation) (जो हिमाच्छादन के लिए उतना ही आवश्यक है जितना कि न्यून तापक्रम) के कारणो पर भी प्रकाश डाला गया है।

महाद्वीपीय हिमनदियो द्वारा उत्पन्न परिवर्तन

(Changes Produced by the Continental Glaciers)

उत्तरी अमरीका की हिम-चादरो ने कुछ विशेष सीमा तक उस तल को परिवर्तित किया जिसे वे ढके हुई थी। उनके द्वारा किये गये परिवर्तनो का एक संक्षिप्त साराश हिम-चादरो के कार्य के पुनरावलोकन तथा पुष्टीकरण मे सहायक होगा। हिम-चादर द्वारा उत्पन्न परिवर्तन दो वर्गों मे आते है—(१) वे जो हिम के अपक्षरण (erosion) द्वारा उत्पन्न हुए है; और (२) वे जो अपोढ (drift) के निक्षेपण द्वारा किये गये है।

यह याद रखना महत्त्वपूर्ण है कि उत्तरी अमरीका की महाद्वीपीय हिमनदी

एक कुछ ऊँचे मैदान के तल पर विकसित हुई थी। इस मैदान की स्थलाकृति अधिकांशत. वर्षा एवं नदी के अपक्षरण द्वारा निर्मित हुई थी। यह अनुमान उस क्षेत्र की स्थलाकृति पर आधारित है जो हिम से ढका हुआ नही था।

अपक्षरण द्वारा उत्पन्न परिवर्तन (Changes Produced by Erosion)

(१) **उच्चभूमियो पर** (On elevations)—महाद्वीपीय हिमनदी की हिम इतनी अधिक मोटी थी कि वह पहाड़ियो एवं निम्न पर्वतो के ऊपर से, जैसे कि न्यू इगलैण्ड और उत्तरी न्यूयार्क के पर्वत, उस क्षेत्र मे जो **चित्र २७२** में दिखाया गया है, गुजर गयी थी। जब हिम इन उपरोक्त तथा निम्नतर ऊँचाइयो के ऊपर फैल गयी थी तो उसने उनके शीर्षों को काट दिया और उनको चिकना बना दिया। हिम ने उन समस्त भागो को जो साधारण तल से ऊपर उठे हुए थे, नीचा कर दिया और इस प्रकार तल को कम विपम बना दिया। उच्च भूमियो पर पडे साधारण प्रभाव को **चित्र २३४** तथा **२३५** मे दिखाया गया है।

(२) **घाटियों में** (In valleys)—हिम ने उन घाटियो को भी गहरा बना दिया जो उसके चलने के मार्ग मे थी। अनेक अवस्थाओ मे हिम ने उनको इतना गहरा बना दिया जितना नीचा उसने पहाड़ियो को कर दिया था, अथवा उससे भी अधिक। पिछली अवस्था मे तल की उद्भृति (relief) मे वृद्धि हुई थी; परन्तु जहाँ यह सत्य भी था वहाँ अनिवार्यत: तल की विपमता मे कमी आयी थी; क्योकि विपमता का आधार उठावो एव गर्तों, जैसे पहाडियो और घाटियो के बीच की दूरी, तथा उनके ढालो का ढलान भी उतना ही है जितना कि उद्भृति की मात्रा है (**चित्र २७४**)। जहाँ किसी हिम-चादर के छोर घाटी की हिमनदियो मे पृथक हो गये और वे समुद्र की ओर गतिमान हो गये वहाँ पर हिम ने कुछ स्थानो पर घाटियो को समुद्र-तल से बहुत नीचे तक काट लिया जिससे हिम के पिघल जाने पर वहाँ सँकरी खाड़ियाँ अथवा प्रोदरियाँ (fiords—फियोर्ड्स) बन गयी।

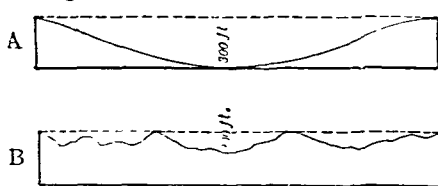



Fig 274

Diagram to show that roughness of surface and amount of relief are not necessarily the same. A represents greater relief, but B might be regarded as a rougher surface

(३) **शैल-तल** (Rock surfaces)—जहाँ पर नीचे की शैल सापेक्षतया निर्बल थी वहाँ हिम के अपक्षरण का अन्य प्रभाव तल मे खोखला (hollows) बना लेने का था। परिणामस्वरुप, शैल के तल मे द्रोणियो (basins) का निर्माण हुआ। इस प्रकार की शैल-द्रोणियाँ सम्भवत. हिमनदियो से प्रभावित पर्वतीय घाटियो की अपेक्षा महाद्वीपीय हिम-चादर के क्षेत्रो मे कम सामान्य है। जिन शिलाओं पर होकर हिम गुजरी उनके तल को हिम ने परिमार्जित (polished), स्तरयुक्त (striated), एव खाँचेदार (grooved) भी किया, यद्यपि ये प्रभाव स्थल की आकृतियो के दृष्टिकोण से महत्त्वपूर्ण नही है।

निक्षेपण द्वारा उत्पन्न परिवर्तन (Changes Produced by Deposition)

जिस तल पर से होकर हिम गुजरी थी उससे अपक्षरित (eroded) समस्त पदार्थ को उसने शीघ्र ही अथवा देर में निक्षिप्त कर दिया। यदि यह अपोढ प्रत्येक स्थान पर समान मोटाई की होता तो इसका प्रभाव यह हुआ होता कि स्थल की आकृति (स्थलाकृति) में बिना किसी परिवर्तन के तल ऊँचा उठ जाता; किन्तु अपोढ का वितरण अत्यन्त असमानता से होता है और यह असमानता स्थल की आकृति को परिवर्तित कर देती है।

अपोढ़ का सामान्य वितरण (General distribution of the drift)—प्रवाहित हिम की यह प्रवृत्ति थी कि वह अपने अपोढ को, जिस स्थान से वह उठाया गया हो, वहाँ से स्थानान्तरित करके हिम के छोरों की ओर पहुँचा दे। अतएव सामान्यतया महाद्वीपीय हिमनदियों द्वारा त्यागे गये अपोढ उनके पहले छोरों की ओर अधिक मोटा और उनके मध्य भागों की ओर अधिक पतला होता है। उदाहरण के लिए, पश्चिमी न्यूयार्क से ओहियो, इण्डियाना, इलिनॉस, विसकांसिन, मिनेसोटा और आइओआ के मध्य से होती हुई डाकोटा और मोण्टाना तक की विस्तृत पेटी में यह बहुत मोटा है। दूसरी ओर संयुक्त राज्यों की सीमा के उत्तर में पर्याप्त क्षेत्रों में हिम क्षेत्रों के मध्य की ओर त्यागा हुआ अपोढ न के तुल्य था।

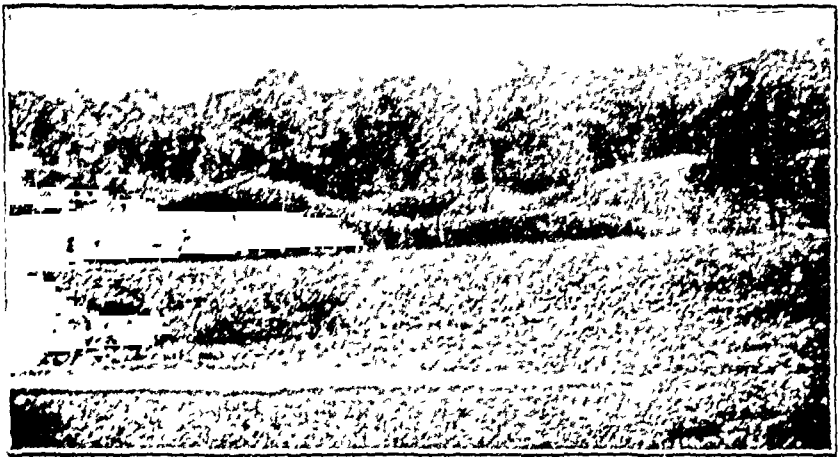



Fig. 275
Terminal moraine topography near Oconomowoc, Wis.
(*Wis. Geological Survey*)

सीमान्त हिमोढ (Terminal moraines)—अन्तिम हिम-चादर ने, विशेष रूप में, स्थूल सीमान्त हिमोढों को विकसित किया जो अपोढ के दक्षिणी छोर से बहुत दूर उत्तर में पड़े हैं, क्योंकि जिस हिम-चादर ने उनका निर्माण किया था वह दक्षिण में उतनी दूरी तक नहीं बढ़ी थी जितनी कि उसकी कुछ पूर्ववर्ती हिम-चादरें बढ़ी थी।

हिमोढ का विकास विशेष रूप से हुआ है वहाँ इसके तल पर टीले (hillocks), स्तूप (mounds), कटके आदि बन जाते है जिनके साथ-साथ समान आकारो के गर्त भी होते है (**चित्र २६०, २६१** और **२७५**)। यद्यपि इस प्रकार की स्थल की आकृति इतनी अधिक विस्तृत है कि उसे विशिष्ट मान लिया जाए, किन्तु यह सभी सीमान्त

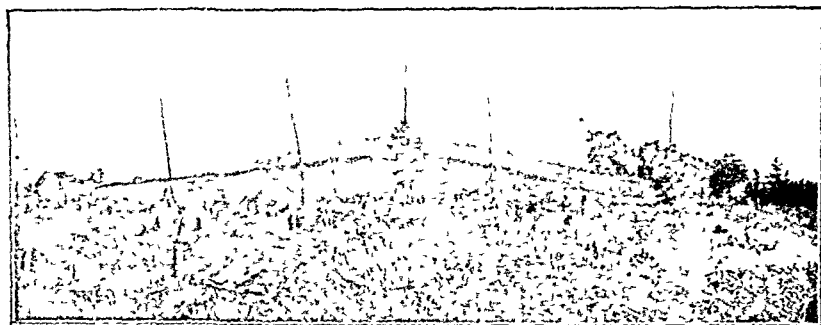



Fig. 280
The same drumlin shown in Fig. 279 seen from the end.
(U. S Geological Survey)

हिमोढों, अथवा एक ही सीमान्त हिमोढ के सभी भागो मे स्पष्ट नही है। सीमान्त हिमोढ मे कुछ गर्तो मे जलाशय, झीलें अथवा दलदल होते है। कुछ सीमान्त हिमोढो के तल पर गोलाश्मो की अधिकता होती है (**चित्र २७६**)।

तल पर स्थित (तलस्थ) हिमोढ़ (The ground moraine)—तलस्थ हिमोढो का विस्तार सीमान्त हिमोढो के विस्तार से अत्यधिक है, और इसकी स्थलाकृति सामान्यत कम खुरदरी (rough) है। पहाडियाँ और गर्त कम प्रपाती पार्श्व वाली होती है और तल के मोड अधिक चौडे होते है (**पट्ट १६**)। तलस्थ हिमोढ के कुछ भाग लम्बाकार अथवा अण्डाकार पहाडियो के रूप मे होते है जो **हिमनदोढ़गिरि** (drumlin—**हिम के नीचे की चट्टान**) कहलाते है। ऐसे गिरि अनेक

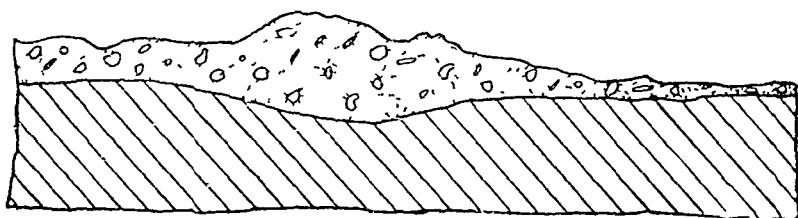



Fig 281
Diagram to show how drift may be so disposed as to increase the relief of the surface

स्थानो पर मिलते है। इनमे से सबसे अधिक प्रसिद्ध विसकासिन और न्यूयार्क प्रदेशो मे पाये जाते है (**चित्र २६७** और **२७८-२८०**)। बकर हिल (Bunker Hill) के

युद्ध में अमरीका वालों ने एक ऐसे ही हिमनदोढ़गिरि पर अधिकार करके किले का काम लिया था।

स्थलाकृति पर अपोढ़ का प्रभाव (Effect of drift on topography)—अपोढ़ की व्यवस्था इस प्रकार हो सकती है कि वह तल की उद्भूति (relief) की वृद्धि कर दे (चित्र २८१), किन्तु अधिकतर इसकी व्यवस्था ऐसी होती है कि वह उद्भूति में कमी ही उत्पन्न करता है (चित्र २५९); क्योंकि सम्यक् रूप से ऊँचे स्थानों की अपेक्षा नीचे स्थानों में अधिक अपोढ़ छोड़ा गया था। ह्रासयुक्त उद्भूति (decreased relief) के कुछ स्थानों में भी, अपोढ़ इस प्रकार से छोड़ा गया था कि उसने नीचे की चट्टान के तल की अपेक्षा तल को अधिक विषम बना दिया।

अपवाह पर अपोढ़ निक्षेपों का प्रभाव (Effect of drift deposits on drainage)—**झीलें** (Lakes)—हिम द्वारा त्यागे गये अपोढ़ ने कुछ स्थानों पर घाटियों को भर दिया किन्तु यह क्रिया सर्वत्र नहीं हुई। अपोढ़ का भराव घाटियों में बाँध बना देता है जिसके ऊपर जल के एकत्रित हो जाने की सम्भावना रहती है और उस जल से झीलें बन जाती हैं। यदि कोई घाटी दो स्थानों पर भर गयी थी, जैसा कि कुछ स्थानों में घटित हुआ था, तो दोनों के बीच का खाली भाग एक द्रोणी बन गया जो एक झील के लिए उपयुक्त था। इस प्रकार से विकसित झीलों की संख्या बहुत बड़ी है। न्यूयार्क की झीलें और विसकांसिन की डैविल्स झील (Devil's Lake) (चित्र २८२) इस तथ्य के अच्छे उदाहरण हैं।

शैल-द्रोणियों (rock-basins) का उल्लेख पहले ही किया जा चुका है, किन्तु अनेक अवस्थाओं में ऐसा हुआ कि वे द्रोणियाँ जिनके नितल शैल में थे, अधिक गहरी बन गयीं क्योंकि उनके किनारों (rims) के आसपास अपोढ़ जमा हो गया था। बड़ी झीलें (The Great Lakes) सम्भवतः शैल-द्रोणियों में ही स्थित हैं, किन्तु उनके किनारे (margins) अपोढ़ द्वारा निर्मित हुए थे, जिसने उनको अधिक गहरी बना दिया।

मानचित्र-कार्य—स्थलाकृतिक मानचित्र की व्याख्या में अभ्यास १० और १३ देखिए।

हिम-चादरों ने झीलों और जलाशयों को अन्य प्रकारों से भी उत्पन्न किया है। उनमें से अनेक अपोढ़ के तल के गर्तों में स्थित हैं।

इस प्रकार की झीलें सीमान्त हिमोढ़ों में विशेष रूप से पर्याप्त संख्याओं में मिलती हैं किन्तु वे तलस्थ हिमोढ़ों में भी मिलती हैं। उत्तरी अमरीका की अधिकांश झीलों का स्पष्टीकरण हिम के आच्छादन के द्वारा हो जाता है। उनमें से अधिकांश झीलें उस क्षेत्र में हैं जो किसी समय हिम की चादर अथवा पर्वतीय हिमनदियों द्वारा ढका हुआ था। वे उस क्षेत्र में सबसे अधिक संख्या में हैं जो अन्तिम हिम युग की हिम द्वारा ढका हुआ था, जैसे—उत्तरी डकोटा, मिनीसोटा, विसकांसिन, मिशीगन, न्यूयार्क और न्यूइंग्लैंड में। विशेष परिस्थितियों को छोड़कर जिनमें वे पूर्णतः भिन्न प्रकार की हैं, अपोढ़ के दक्षिण में झीलें नहीं मिलती हैं।

हिम द्वारा विकसित झीले केवल अस्थायी अस्तित्व की थी। उनमे से कुछ हिम-चादरो के किनारे के सहारे-सहारे वनी; ऐसे अवसरो पर हिम स्वयं झील का एक किनारा वनाती थी। इस प्रकार की झीले हिम के पिघलने के पश्चात् विलुप्त हो गयी।

विशालतम उपान्त प्रदेशीय झीलो (marginal lakes) मे से अगासीज (Lake Agassiz) नाम की झील उत्तर की रैडनदी (Red River) की घाटी मे स्थित थी (चित्र २८३)। जव यह झील सवसे वड़ी झील थी तव इसकी लम्वाई लगभग

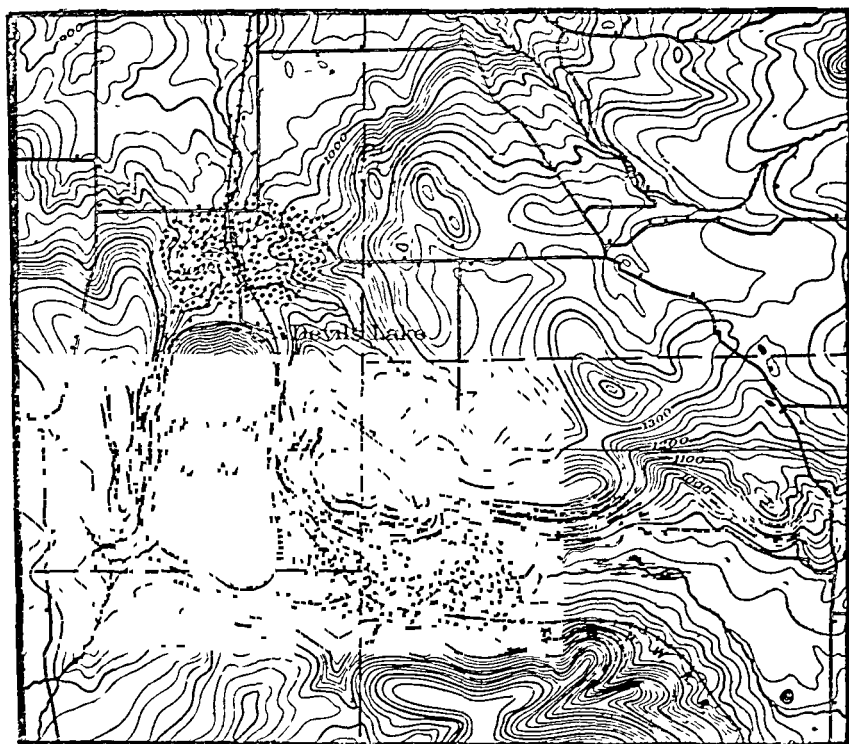



Fig. 282
Sketch showing a lake in a former river valley, held in by drift dams. The dotted areas are terminal moraines.

१,१०० किलोमीटर (७०० मील) थी, और इसकी अधिकतम चौडाई लगभग ४०० किलोमीटर (२५० मील) थी। इसका क्षेत्रफल लगभग २,८६,००० वर्ग किलोमीटर (१,१०,००० वर्गमील) अथवा सम्पूर्ण वडी झीलो के सम्मिलित क्षेत्रफल की अपेक्षा उनका लगभग ½ और अधिक था, किन्तु जल अधिक गहरा नही था। यह झील तव वनी थी जवकि उत्तर की ओर की हिम ने उस दिशा मे अपवाह (drainage) को वाधा उपस्थित की और द्रोणी मे पानी ऊपर को तव तक उठता गया जव तक कि वह ऊपर से वहकर दक्षिण मे नही चला गया। जव उत्तर की हिम पिघली तव उस दिशा मे एक नवीन और अधिक नीचा निकास-मार्ग (outlet) खुल गया और झील

का पानी निकल गया। विनीपेग झील एव वहाँ की अनेक छोटी-छोटी झीलें उस विशाल झील की अवशेष मानी जा सकती है क्योकि वे पुरानी द्रोणी मे अधिक गहरे गर्तो मे स्थित है। पुरानी झील की सीमाएँ पुराने तटो (breaches) और स्थानीय रूप मे डेल्टाओ द्वारा अंकित है। गाद (silt) से ढका हुआ झील का नितल, संयुक्त राज्य का एक सबसे अधिक महत्त्वपूर्ण गेहूँ उत्पादक क्षेत्र है।

वर्तमान काल की बडी झीले उस समय अत्यधिक विस्तृत बन गयी जब हिम ने उनके वर्तमान निकासो को रोक दिया। अन्तिम हिम-चादर के समय से लेकर

Fig 283

Map of the extinct Lake Agassiz, and a few other glacial lakes. Lake Winnipeg occupies a part of the old basin of Lake Agassiz. (*Upham U. S. Geological Survey*)

उनके इतिहास का एक अश चित्र २८४-८७ तक मे सुझाया गया है। जहाँ तक ज्ञात है, हिमयुग से पूर्व इन झीलो की द्रोणियो (basins) का अस्तित्व नही था, किन्तु सम्भवत उनके अक्षो (axes) की रेखाओ के सहारे-सहारे अनेक नदियाँ बहती थी। इन नदी-घाटियो से निम्नाकित कारणो के ही फलस्वरूप झील की द्रोणियाँ विकसित हुई जान पडती है :

(१) हिम के अपक्षरण द्वारा घाटियो के कुछ भागो के अधिक गहरे किये जाने के कारण,

(२) अपोढ के निक्षेप द्वारा द्रोणियो के तटो के ऊपर उठ जाने के कारण; और

(३) सम्भवत. द्रोणियो के स्थलो के नीचे की ओर मुड जाने (warping—समावलन) के कारण ।

अपोढ की अनियमित व्यवस्था ने भी नदियो को अव्यवस्थित (deranged) कर दिया । हिम के पिघल जाने के पश्चात् तल के जल के निकास ने अपने लिए उन

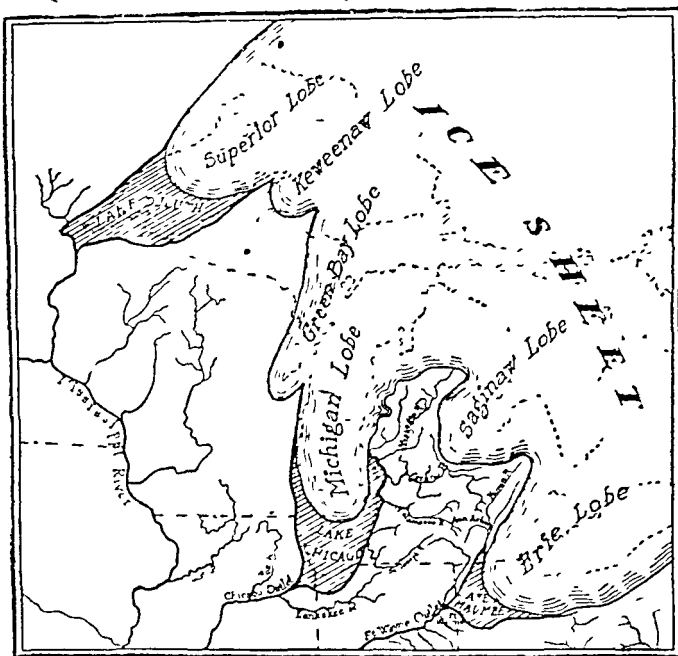



Fig. 284
The beginning of the Great Lakes. The ice still occupied the larger parts of the present lake basins. (*After Taylor and Leverett, U. S. Geological Survey*)

निचले मार्गो का अनुसरण किया जो उसे सुगमता से प्राप्त हो सके, किन्तु ये मार्ग सदैव ही पहली घाटियो के अनुरूप नही थे, क्योकि उनमे से कुछ तो भर दिये गये थे और अधिकाश कुछ स्थानो पर रुक गये थे । अतएव हिम के पिघल जाने के पश्चात तल के जल ने कुछ स्थितियो मे पहले की ही घाटियो का अनुसरण किया, और अन्य स्थितियो मे जल ऐसे क्षेत्रो मे होकर प्रवाहित हुआ जहाँ पहले घाटियाँ नही थी । अपने नवीन मार्गो के चुनाव मे सरिताएँ जहाँ-तहाँ उत्प्रपातो (cliffs—खडी चट्टानो) के ऊपर से गिरी अथवा प्रपाती ढालो (steep slopes) से नीचे की ओर बहने लगी । इस प्रकार प्रपातो (falls) और द्रुतवाहो (rapids) का निर्माण हुआ, जो हिमनदियो के क्षेत्रो की सरिताओ मे साधारणतया मिलते है । चित्र २८८ और २८९ ऊपरी ओहियो की द्रोणी मे अपोढ के निक्षेपण द्वारा किये गये जल-निकास (drainage) के परिवर्तनो का कुछ अंश तक आभास देते है ।

हम पहले ही देख चुके है कि द्रुतवाह और प्रपात तरुण सरिताओ के चिह्न

होते हैं। अधिकांश झीले भी तरुण अवस्था की द्योतक होती है। सामान्यतः नदियाँ झीलों की शत्रु होती हैं क्योंकि उनमें से वाहर जाने वाला जल उनकी मोरियाँ अथवा जल के निकास के मार्ग (outlets) काट डालता है और उनमे (झीलो) आने

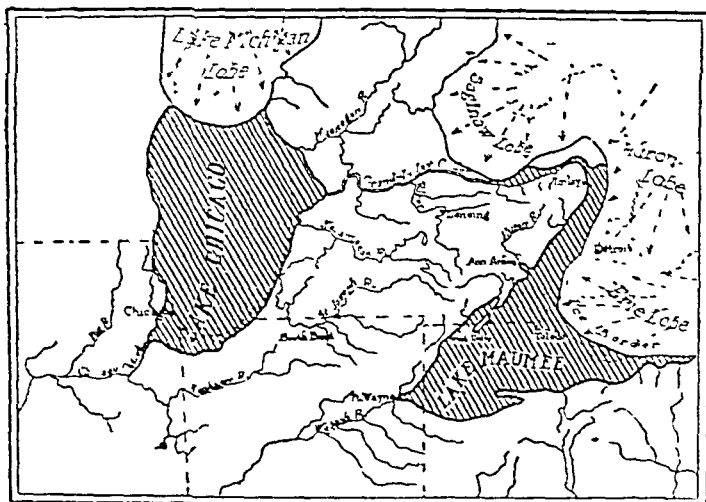



Fig 285
A later stage in the development of Lakes Chicago and Maumee. The ice has retreated, and the outlet of Lake Maumee has been shifted.
(*After Leverett and Taylor, U. S Geological Survey*)

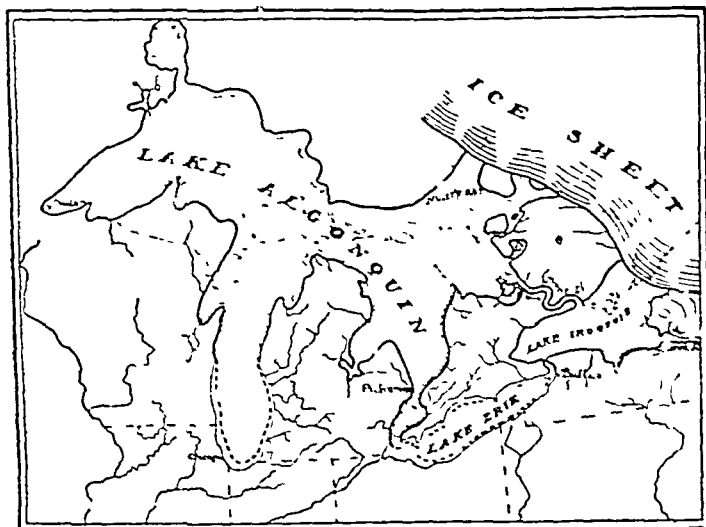



Fig. 286
The Great Lakes at the Algonquin Iroquois stage, much later than the stage shown in Fig 285. (*After Taylor*)

वाला जल झीलो मे तलछट लाकर जमा देता है जिससे वे उथली होती जाती है। अनेक छोटी झीले इन विधियो द्वारा पहले ही समाप्त हो चुकी है और अनेक अन्य झीले पर्याप्त रूप मे पहले की अपेक्षा छोटी हो गयी है। यह तथ्य कि आज भी इतने प्रपात, द्रुतवाह, झीले आदि हिमनदियो के क्षेत्रो के भीतर वर्तमान है, यह स्पष्ट करता है कि अन्तिम हिम-चादर के पिघलने के पश्चात अभी इतना पर्याप्त समय व्यतीत नही हुआ है कि उसकी ये विशेषताएँ नष्ट हो जायें। हिमनदियो से युक्त

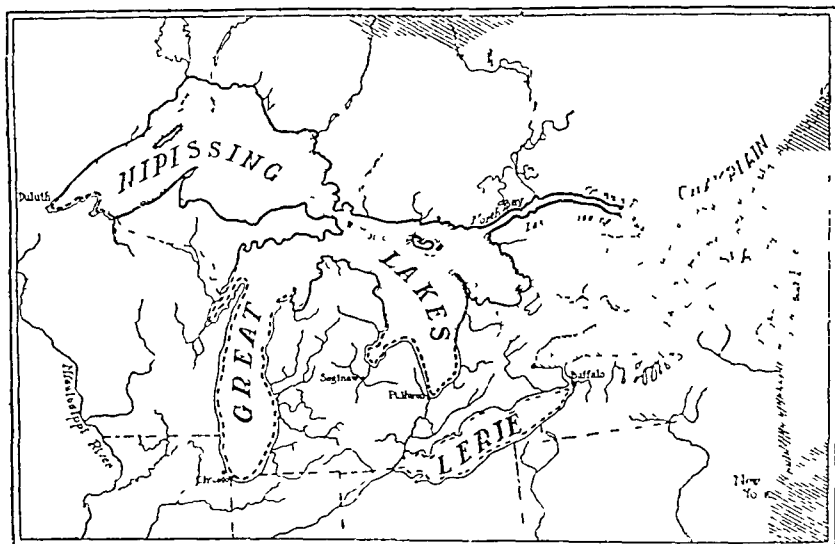



Fig. 287

A later stage of the Gıeat Lakes. The sea ıs thought to have covered the area shaded by lınes at the east, after the ıce-sheet had melted (*After Tayloı*)

क्षेत्रो मे दलदलो की भी अधिकता है। कुछ अवस्थाओ मे ये दलदल पहली झीलो एव जलाशयो के तलो का प्रतिनिधित्व करते है और अन्य अवस्थाओ मे वे केवल, अति उथली द्रोणियाँ होते है जो जलराशि को पर्याप्त गहराई तक धारण नही कर सकती ताकि उनमे पौधो का उगना वन्द हो जाय।

अन्तिम हिम-चादर के वाहर के अपोढ के क्षेत्र की अपेक्षा अन्तिम हिम-चादर से ढके क्षेत्र मे झीले, जलाशय, दलदल, प्रपात, द्रुतवाह इत्यादि अत्यधिक है। ऐसा प्रधानत इस कारण है कि अपोढ का सबसे दक्षिणी भाग, जैसा कि आज दिखाई देता है, अधिक प्राचीन है और पर्याप्त समय तक वर्षा एव नदी अपक्षरण को झेल चुका है जिनके कारण तल के जल के निकास (surface draınage) ने अधिकाश झीलो को नष्ट कर दिया है। ऐसा विश्वास किया जाता है कि हिमयुग का सबसे प्राचीन अपोढ उसके नवीनतम अपोढ की अपेक्षा कई गुना (सम्भवत पच्चीस गुना अथवा उससे भी अधिक) अधिक प्राचीन है।

स्तरयुक्त अथवा स्तरित अपोढ़ (Stratıfied drıft)—घाटी निक्षेप (valley

किन्ही-किन्ही स्थानो मे मिट्टी की उत्तमता को हानि पहुँची है क्योंकि अनेक क्षेत्रो मे अपोढ पथरीला है और उसको कार्य के योग्य स्थिति मे लाने के लिए अधिक श्रम की आवश्यकता होती है। कुछ स्थानो मे यह अत्यधिक बालू और बजरी से पूर्ण होने के कारण अच्छी मिट्टी के बनाने के लिए अयोग्य भी है, तथा अन्य स्थानो में इसका तल इतना अधिक असमान होता है कि सफलता के साथ कृषि हो ही नही सकती है। इन परिस्थितियो के अतिरिक्त कुछ अन्य परिस्थितियो मे, जैसे कि न्यू-इंगलैण्ड के अधिक भाग मे, हिम ने अपोढ का एक पतला और पथरीला आवरण छोडा है जो एक विषम पहाडी तल को ढके हुए है। इसके साथ-साथ एक कुछ अनुपयुक्त जलवायु के मिल जाने के कारण भी इस प्रदेश के अधिकांश में कृषि करना लाभदायक नही रह गया, और इस कारण यहाँ आरम्भ से ही मछली पकडने के व्यवसाय का विकास हुआ है। प्रदेश के अधिकाश मे मिट्टी कम उपजाऊ होने, तथा पर्याप्त जल-शक्ति सुलभ होने से न्यूइगलैण्ड एक कृषि देश न होकर एक निर्माणकारी (manufacturing) क्षेत्र बन गया है।

इन प्रतिकूल परिस्थितियो के होते हुए भी, सामान्यत. ऐसा ज्ञात होता है कि सयुक्त राज्य के हिमाच्छादित क्षेत्र को हिम के कार्य से पर्याप्त लाभ हुआ है।

६

झीलें और तट

(LAKES AND SHORES)

सामान्य तथ्य
(General Facts)

परिभाषा (Definition)—सामान्यत एक झील एक अन्तर्स्थलीय (inland) अचल जल की राशि होती है जिसका आकार प्राय. एक कुण्ड (pool) अथवा ताल (pond) से बड़ा होता है, किन्तु इस नाम का प्रयोग कभी-कभी (१) किसी नदी के चौडे हुए भागो के लिए भी होता है (चित्र २६०); (२) जल

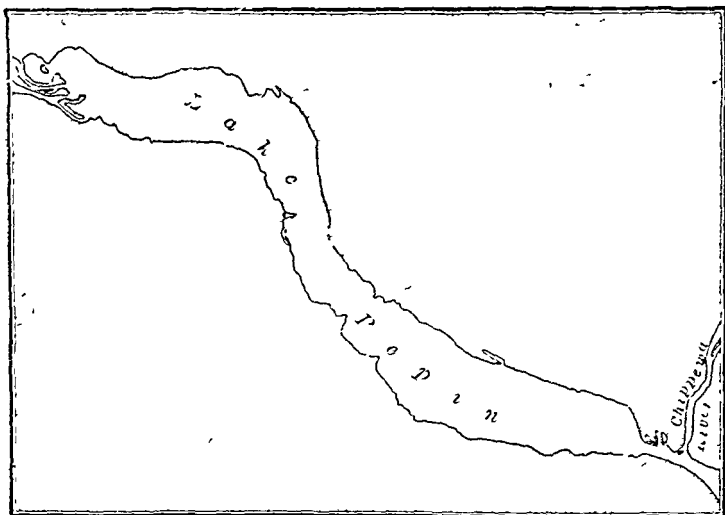



Fig. 290
Lake Pepin, a widened part of the Mississippi River between Wisconsin and Minnesota. Maximum width about 4 metres. The widening of the river is apparently due to the detritus brought down by the Chippewa River and deposited in the Mississippi (*Miss. Riv. Com.*)

के उन भण्डारो के लिए भी होता है जो समुद्र के तटो के समीप है, चाहे उनका तल समुद्र के तल के वरावर ही क्यो न हो; और (३) उन जलराशियो के लिए

भी होता है जिनका सागर से सीधा सम्बन्ध होता है (पट्ट २०)। कुछ जलराशियाँ झीलों के ही समान होती हैं, किन्तु फिर भी वे झीलें नहीं कहलाती हैं, झीलों और इन अन्य जलराशियों के मध्य का अन्तर लोगों ने कुछ-कुछ मनमानी दृष्टि से स्थापित किया है। नदी के किसी भाग को झील कहा जाने से पूर्व नदी के उस स्थान के जल को किसी निश्चित मात्रा तक चौड़ा होने के लिए बाध्य होना पड़ता है। नदी की चौड़ाई की यह मात्रा झील के आकार के समान ही मनमानी है। सयुक्त राज्य के भीतरी भाग मे साधारणतया यह अर्थ लगाया जाता है कि जल की वह स्थिर राशि जो झील की अपेक्षा छोटी और उथली होती है, कुण्ड (pond) कहलाती है। किन्तु यह प्रयोग सार्वभौमिक नहीं है, क्योंकि कुछ सुन्दर-सुन्दर झीलें (उदाहरण के लिए, न्यूजरसी प्रान्त में ग्रीन पौण्ड) कुण्ड कहलाती है। कुण्ड और झीलें अन्तर्स्थलीय सागरों, खाड़ियों, और अनूपों (lagoons) से भिन्न होती हैं। इस अन्तर को निम्न भाँति से स्पष्ट किया जा सकता है—(१) कुण्ड एवं झीलें महासागरों से अधिक पूर्णता से (अधिकाश अवस्थाओं मे पूर्णतः) पृथक होती हैं; और (२) उनका अधिकांश भाग समुद्र-तल से ऊँचे तल पर ही रहता है—शायद ही कभी नीचे रहा हो—किन्तु खाड़ियों एवं अनूपों, जो प्राय बन्द रहते हैं, और तटीय झीलों के बीच सभी प्रकार के सम्भव क्रम (gradations) मिलते हैं। अधिकाश झीले मीठे पानी की होती है किन्तु कुछ झीले जैसे ग्रेट सॉल्ट लेक (Great Salt Lake) और मृतक सागर (Dead Sea) स्वय समुद्र की अपेक्षा अत्यधिक खारी हैं।

Fig. 291
Lakes along the Red River of Louisiana. The lakes are at the lower ends of the tributary streams.

झीलों का वितरण (Distribution of Lakes)

(१) **अक्षांशों में** (In latitudes)—अधिकाश अक्षाशों मे झीलें मिलती हैं किन्तु निम्न अक्षाशों की अपेक्षा उच्च अक्षाशों मे अधिकता से मिलती हैं। फिर भी, वे सभी उच्च अक्षाशों मे प्रचुर मात्रा मे नहीं पायी जाती हैं। उदाहरण के लिए, उत्तरी एशिया मे उनकी सख्या अपेक्षाकृत पर्याप्त कम है। झीलों का यह वितरण पूर्ववर्ती हिमाच्छादन (glaciation) से सम्बन्धित है।

(२) **पर्वतों में** (In mountains)—किन्हीं-किन्हीं पर्वतीय प्रदेशों में झीलें प्रचुर संख्या मे मिलती हैं; किन्तु ऐसा सभी पर्वतीय प्रान्तों मे नहीं होता है। वे सयुक्त राज्य के पश्चिमी पर्वतों में, विशेषकर उत्तर की ओर, पर्याप्त सख्या मे

और अधिक बडी (८,३२० वर्ग किलोमीटर) है। ससार की कुछ ही वडी झीले ऐसी है जिनके तल समुद्र के तल से नीचे है। यह तथ्य कैस्पियन सागर (—२६ मीटर), मृतक सागर (—३८० मीटर) और टाइवेरीअस सागर (—२०० मीटर) के वारे मे सत्य है।

गहराई (Depth)—अधिकाश झीले प्राय उथली है। १५ मीटर (५० फुट) से कम गहरी झीलो की सख्या उन झीलो की सख्या से अधिक है जिनकी गहराई इससे अधिक है। अनेक लोगो का विचार है कि बहुत-सी झीले बिना तल वाली है, किन्तु यह धारणा आधारहीन है। अधिकाश झीले जिन्हे स्थानीय रूप मे बिना तल वाली कहा गया है, वास्तव मे उथली है।

सुपीरियर झील की अधिकतम गहराई लगभग ३०० मीटर (१००० फुट) है और मिशीगन, ह्यूरन और ओण्टेरियो झीलो मे से प्रत्येक झील की गहराई २१० मीटर (७०० फुट) से अधिक है। इनके विपरीत, ईरी झील बहुत अधिक उथली है, इसकी अधिकतम गहराई केवल ६० मीटर (२०० फुट) के लगभग है।

कुछ झीलो की गहराई बहुत अधिक है। जहाँ तक ज्ञात है, सबसे अधिक गहरी झील साइबेरिया मे बेकाल झील है, जिसके विषय मे कहा गया है कि उसकी अधिकतम गहराई लगभग १,४१० मीटर (४,७०० फुट) अर्थात् महासागर के अधिकतम गहरे भाग की गहराई का लगभग सातवाँ भाग है। दूसरा स्थान कैस्पियन सागर का है जो वास्तव मे एक झील ही है, उसकी अधिकतम गहराई लगभग ९६० मीटर (३,२०० फुट) है। अधिक गहराई की अन्य झीले निम्नाकित है

क्रेटर झील, ओरेगान (Crater Lake, Oregon) लगभग ६०० मीटर (२,००० फुट); टाहू झील, कैलीफोर्निया (Lake Tahoe, California) ४९४ मीटर (१,६४५ फुट), चेलन झील, वाशिगटन (Lake Chelan, Washington) लगभग ४५० मीटर (१,५०० फुट), और मैगियार (Maggiore), कोमो (Como) और डी गार्डा (de Garda) झीले उत्तरी इटली मे, तथा मृतक सागर, जिनमे से प्रत्येक झील की गहराई ३०० मीटर (१००० फुट) से अधिक है।

अधिकाश झीलो के नितल (bottoms) समुद्र-तल से पर्याप्त ऊपर है, किन्तु कुछ उदाहरण ऐसे भी है जहाँ झीलो के नितल समुद्र के तल से भी नीचे है। कैस्पियन सागर के नितल मे निम्नतम बिन्दु समुद्र-तल से ९०० मीटर (३,००० फुट) से भी अधिक नीचा है और बेकाल झील की द्रोणी मे निम्नतम बिन्दु भी लगभग उतना ही नीचा है। ओण्टेरियो झील के नितल मे निम्नतम बिन्दु समुद्र-तल से लगभग १५० मीटर (५०० फुट) नीचे है, सुपीरियर मे लगभग १२० मीटर (४०० फुट) और चेलन मे १२० मीटर से कुछ अधिक है। तटो के साथ की झीलो को छोडकर, छोटी झीलो के नितल कदाचित ही समुद्र-तल की निम्नता पर है, किन्तु उपर्युक्त उत्तरी इटली की तीन झीलो के सभी नितल महासागर से कई सौ मीटर नीचे है।

२५,९०० वर्ग किलोमीटर (१०,००० वर्गमील) से अधिक क्षेत्रफल वाली

Fig. 293

Cross-section of the Great Lakes where their waters are deepest. Vertical scale exaggerated about twenty times.

Fig. 294

Sections of a series of small lakes. A, section across Lake Geneva, Switzerland, where deepest; maximum depth about 300 metres B, section across Seneca Lake, N.Y.; maximum depth 200 metres. C, longitudinal and cross-sections of lake Katrine, (Scotland); maximum depth about 167 metres. D, Section across Lake Chelan, Wash.; maximum depth about 500 meters. E, longitudinal and cross-sections of Green Lake, Wis.; maximum depth 80 metres. Horizontal and vertical scales the same. One kilometre=about one centimetre.

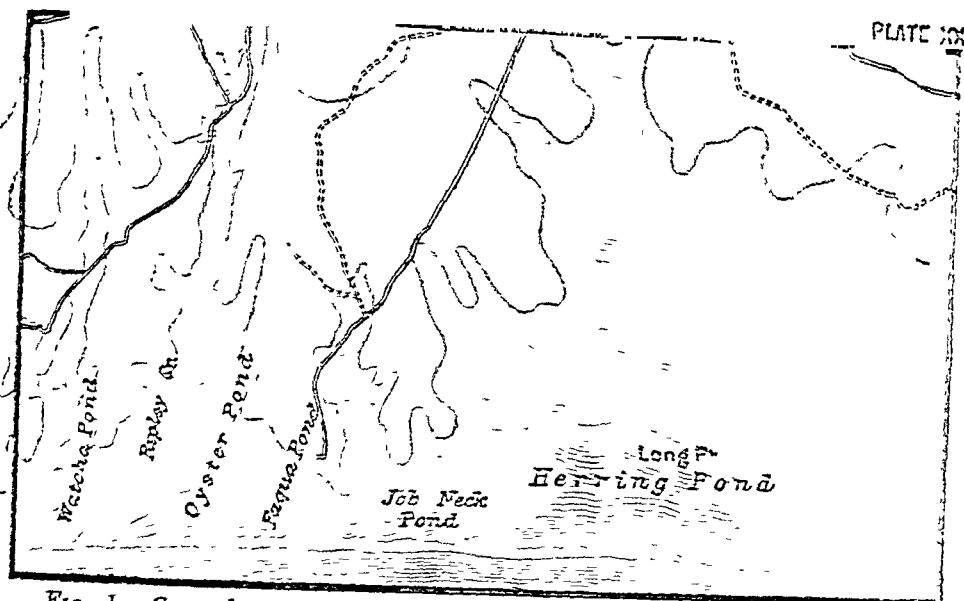
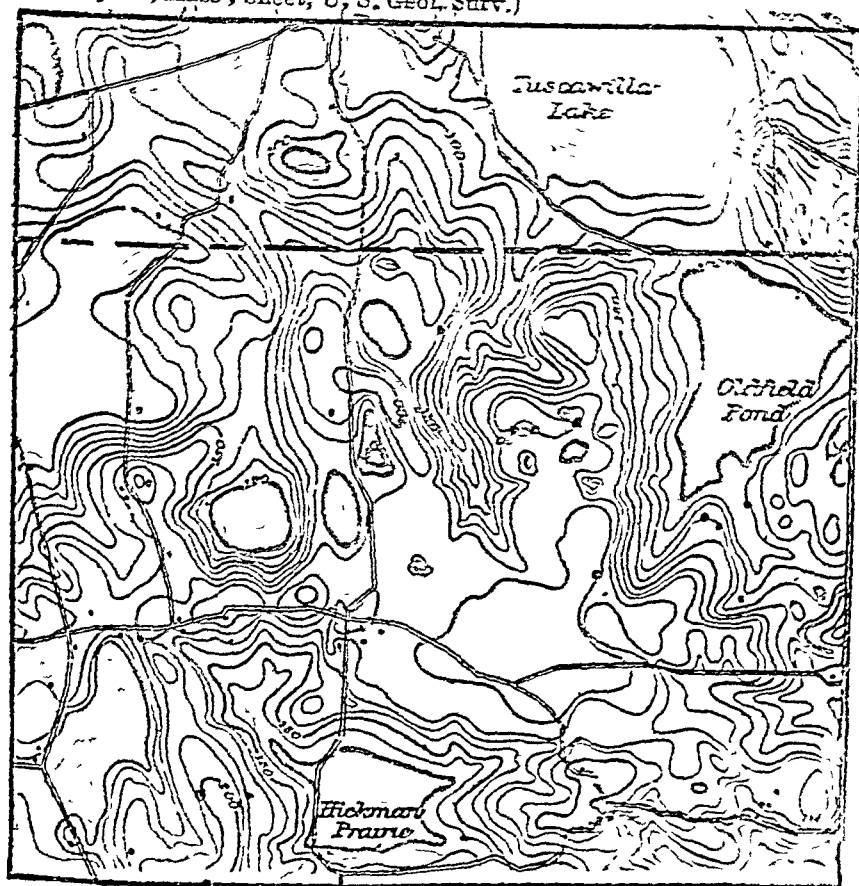
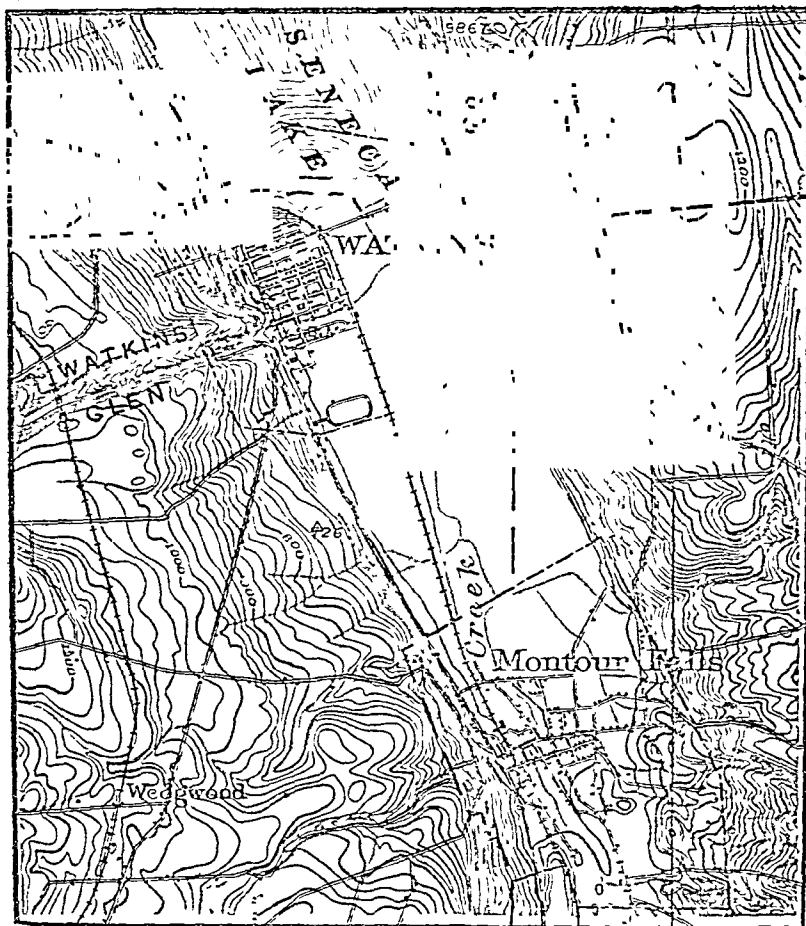



PLATE XXI

The upper end of Seneca Lake, New York. The flat between Montour Falls and Watkins is a delta which has been built out into the lake by the inflowing creek. Scale 1— mile per inch. Contour interval 20 feet. (Watkin's Sheet, U S. Geol Surv)

मात्रा अथवा आयतन (Volume)—झीलों में जल की मात्रा का ठीक-ठीक अनुमान कभी नहीं किया गया है, किन्तु उनके जल की संयुक्त मात्रा समुद्र की तुलना में न के तुल्य ही है। यदि संसार की समस्त झीलों का जल महासागर में डाल दिया जाए तो सम्भवतः उससे सागर का तल एक मीटर ऊँचा भी नहीं उठेगा।

झील के जल की गतियाँ (Movements of lake water)—सभी झीलों का जल लहरों से प्रभावित होता है और अनेक झीलों के जल में भिन्न-भिन्न प्रकार की गतियाँ भी मिलती हैं। कुछ झीलों में धाराओं (currents) अथवा बहावों (drifts) की एक न्यूनाधिक सुस्पष्ट प्रणाली (system) है। किसी विशाल झील के एक भाग में वायुमण्डलीय दबाव द्वारा उत्पन्न आकस्मिक परिवर्तन झील के प्रत्येक भाग के तल में परिवर्तन उपस्थित कर देता है। यदि एक स्थान पर वायुभार में वृद्धि होती है तो वहाँ पर जल का तल नीचा हो जाता है और उसके अनुसार ही दूसरे स्थान का तल ऊँचा हो जाता है। यदि स्थानीय रूप में वायुभार कम होता है तो कम वायुभार के नीचे के जल का तल ऊँचा उठता है जबकि वह अन्य स्थान पर नीचे गिर जाता है। ये परिवर्तन जब एक बार उत्पन्न हो जाते हैं तो पुनः साम्य स्थापित होने से पहले जल के तल में कुछ स्पन्दन (pulsation) होने लगता है। जल की इस भाँति की हलचलें **जल-दोलन** (seiches) कहलाती है; स्विटजरलैण्ड की कुछ झीलों में इसका विस्तृत अध्ययन हुआ है। बहुत बड़ी झीलों में ज्वारभाटे भी आते हैं, यद्यपि साधारणतया उनका स्पष्ट पता तब तक नहीं लगता है जब तक कि उन यन्त्रों का प्रयोग न किया जाए जो उनकी माप के लिए बनाये गये हैं। किसी झील के किनारों के समीप गिरावट (slumping), भूकम्प आदि भी झील के जल में गति उत्पन्न कर देते है।

समतल परिवर्तन (Changes of level)—उन झीलों के समतल (levels) जिनके तल पर जल के निकास के मार्ग नहीं होते, समीपवर्ती भागों मे अवक्षेपण (precipitation) की मात्रा के अनुसार समय-समय पर विशेष रूप से परिवर्तित होते रहते है। अनेक छोटी झीलें आर्द्र ऋतु मे कई मीटर ऊँची उठ जाती हैं और मौसम की शुष्कता के अनुसार शुष्क ऋतु मे उतनी ही गिर जाती है।

झीलों के अस्तित्व के लिए आवश्यक परिस्थितियाँ (Conditions Necessary for the Existence of Lakes)

झीलों के अस्तित्व के लिए निम्नांकित आवश्यक परिस्थितियाँ है :

(१) **निकासहीन गर्त** (depressions without outlets), और (२) **पर्याप्त जल की प्राप्ति** (a sufficient supply of water)।

(१) निकासहीन अथवा निष्क्रमरहित गर्त का अर्थ यह नहीं समझना चाहिए कि झीलों से निकास नहीं होते है। इसका अर्थ यह है कि झील के निष्क्रम के स्तर (level) के नीचे प्रत्येक अवस्था में एक ऐसा गर्त रहता है जिससे कोई निकास नहीं होता है। यह निष्क्रमरहित गर्त उस जल को धारण करता है जिससे झील बनती है।

(२) जल की पर्याप्त प्राप्ति (supply—पूर्ति) का अर्थ यह है कि गर्त मे निरन्तर[1] जल बना रहे। यदि किसी द्रोणी का नितल (bottom) छिद्रयुक्त पदार्थ से बना हो, जैसे बजरी, तो गर्त में पानी के निरन्तर बने रहने के लिए पर्याप्त जल की आवश्यकता बनी रहेगी। यह आवश्यकता उस दशा मे कम होगी जबकि द्रोणी का नितल मृत्तिका (clay) जैसे ठोस पदार्थ से निर्मित हो। परन्तु यदि द्रोणी के पास-पड़ोस मे भूमिगत-जल का तल द्रोणी के नितल के स्तर से ऊपर होता है (**चित्र २९५**) तो पानी द्रोणी से बाहर नही जा सकेगा, चाहे नितल छिद्रयुक्त पदार्थ से बना हुआ ही क्यो न हो। वायुमण्डल की आर्द्रता भी झील के लिए आवश्यक जल की मात्रा को प्रभावित करती है। आर्द्र प्रदेशो मे बिना निकास के अधिकाश उल्लेखनीय गर्तो मे झीले विद्यमान है जबकि शुष्क प्रदेशो के गर्तो मे झीलो का अभाव ही है।

Fig. 295
If the water table about a lake is above the lake level, there will be no leakage from the lake, even if its basin be of porous material.

झील के जल के स्रोत (Sources of lake water)—झील के जल के स्रोत वर्षा, पिघली हुई शीन एव हिम, झरने एव नदियाँ और तत्काल नि.स्राव (immediate run-off) होते है। चूँकि झरने और नदियाँ जल के लिए वर्षा और हिम पर निर्भर होते है अतएव यह कहा जा सकता है कि झील के जल का स्रोत वायुमण्डलीय अवक्षेपण ही होता है।

झीलो मे होने वाले परिवर्तन (Changes Taking Place in Lakes)

सभी झीलो मे विभिन्न परिवर्तन होते रहते है और ये परिवर्तन झीलो के अतीत (भूत) और भविष्य पर प्रकाश डालते है।

उनकी द्रोणियो का भरण (The filling of their basins)—झीलो की द्रोणियाँ निरन्तर भरती रहती है। अनेक अवस्थाओ मे यह भरण कालान्तर मे द्रोणियो को मिटा देगा और तब झील भी मिट जाएगी। भरण की यह क्रिया अनेक विधियो से होती है

(१) प्रथम तथ्य तो यह है कि सभी सरिताएँ और तल के जल जो झील मे आते है, झील मे तलछट लाते है, और अनिवार्य रूप से यह तलछट उनकी द्रोणियो मे छूट जाता है। यह इस घटना से स्पष्ट हो जाता है कि जो सरिताएँ झीलो से निकलती है वे झीलो मे मिलने वाली सरिताओ की अपेक्षा स्वच्छ होती है। किन्हीं-किन्ही झीलो मे डेल्टा भी बनते जा रहे है और बनने वाला डेल्टा झील के क्षेत्रफल को कम कर देता है। बहुत कम अवस्थाओ मे सॅकरी झीलो के बीच के भागो मे

---

[1] कुछ अस्थायी झीले होती है जिनकी द्रोणियो मे जल सदा ही विद्यमान नही रहता है।

डेल्टा बन गये हैं जिसके कारण एक झील की दो झीलें बन गयी हैं, उदाहरण के लिए, स्विटजरलैण्ड में इण्टरलेकेन (Interlaken) की झील। न्यूयार्क की फिंगरलेक्स (Fingerlakes) में से कुछ झीलों के छोरों पर डेल्टा बन गये हैं जैसा कि पट्ट २१ में दिखाया गया है; इन डेल्टाओं के कारण मुख्य झीलें पर्याप्त छोटी हो गयी हैं। इन झीलों के समीपवर्ती कुछ महत्त्वपूर्ण नगर डेल्टाओं पर बसे हैं। इथका (Ithaca) नाम का नगर इसका उदाहरण है। सतह की बाढ़ (sheet-flood) और वर्षा के जल के समस्त प्रवाह, यद्यपि वे सरिता के रूप में संगठित नहीं होते, जब किसी झील में प्रवेश करते हैं तो वे अपने साथ द्रोणी में मलवा ले आते हैं और झील को मलवे से भर देते हैं।

(२) झीलों की द्रोणियाँ लहरों के कार्यों द्वारा भी भरी जा रही हैं। झीलों की लहरें अधिकांश समय अपनी झीलों के किनारों को कुछ स्थानों पर काटती रहती हैं और स्थल का इस प्रकार का कटा हुआ मलवा अधिकांशतः झील की द्रोणी में ही जमा होता रहता है। लहरों के कटाव द्वारा झील के क्षेत्रफल का विस्तार हो सकता है परन्तु किनारों से काटे गये पदार्थ का अधिकतम भाग झील की द्रोणी में ही जमा होता रहता है।

झील की द्रोणियों को भरने और जल की मात्रा को कम करने में नदियों और लहरों का मुख्य हाथ होता है, किन्तु यही एकमात्र कारण नहीं है।

(३) झीलों में असंख्य कवचधारी (shell bearing) जीव-जन्तु निवास करते हैं। उनके कवच की सामग्री जल से प्राप्त होती है और जब वे प्राणी मरते हैं तो कवच नितल पर छूट जाते हैं और इस प्रकार से वे जीव द्रोणियों को भरने में सहायक होते हैं।

(४) झीलों के, विशेषकर, उथले भागों में पौधे उगते हैं और चेतन पदार्थ (organic matter) पौधों के मर जाने पर द्रोणियों को भरने में सहायता पहुँचाता है। झील के कुछ पौधों से चूर्णक-प्रांगारीय (lime carbonate) और कुछ से सिलिका (silica) नाम का पदार्थ निकलता है और ये पदार्थ द्रोणी के भरण में उसी प्रकार से सहायता पहुँचाते हैं जैसे प्राणियों की कवचें।

(५) वायु झीलों में स्थल से धूल और बालू उड़ाकर लाती है और इस प्रकार से झीलों की द्रोणियों को भरने में सहायता करती है।

इन्हीं विधियों द्वारा झीलों की द्रोणियाँ क्रमशः भरती चली जा रही हैं।

उनके निकास (निष्क्रम) मार्ग का नीचा होना (The lowering of their outlets)—झीलों की अधिकांश द्रोणियाँ अन्य प्रकार से प्रभावित हो रही हैं। किसी झील से बहकर बाहर जाने वाला जल अपने निष्क्रम मार्ग के स्तर (level) को नीचा काट देता है और जब वह नीचा हो जाता है तो निकास के नीचे द्रोणी की गहराई कम हो जाती है। बाहर जाता हुआ जल जिस सीमा तक निकास-मार्ग को काट सकता है वह अन्तर-स्थल (base-level) कहलाता है।

झीलों का भविष्य (Fate of lakes)—यदि झील का नितल पर्याप्त ऊँचा होता है तो उसके निकास के नीचे करने की क्रिया द्वारा झील नष्ट हो सकती है,

किन्तु जहाँ पर नितल अन्तर-स्थल से नीचे होता है, वहाँ पर नदी का अपक्षरण (erosion) निकास को उतनी ही नीचाई तक नही काट सकता है। ऐसी अवस्था मे भरण और कटाव दोनो मिलकर उस कार्य को पूरा कर सकते है जिसे कटाव अकेला नही कर पा सकता। इन विधियो के परिणामस्वरूप ही सभी विद्यमान झीले अन्त मे नष्ट हो जानी चाहिए। उनके विनाश मे नदियाँ सम्भवत सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण कारक है, अतएव यह प्राचीन कथन है कि, "नदियाँ झीलो की घातक शत्रु होती है।"

कुछ झीले सूखकर नष्ट हो जाती है। ऐसा जलवायु के परिवर्तन अथवा झील मे आने वाले जल के मार्ग के हट जाने के कारण हो सकता है।

झील द्रोणियों का उद्भव (Origin of Lake Basins)

झील द्रोणियो की उत्पत्ति अनेक भिन्न-भिन्न प्रकारो से होती है। उनमे से अधिकाश क्रमस्थापन (gradational) विधियो के परिणामस्वरूप उत्पन्न होती है, किन्तु उनमे से कुछ ज्वालामुखीय क्रियाओ और कुछ पटल विरूपण (diastrophism) के कारण उत्पन्न होती है, और यद्यपि इन अन्तिम विषयो (vulcanism and diastrophism) का अभी पूर्णरूप से अध्ययन नही हो पाया है, फिर भी हम उनके विषय मे पर्याप्त अनुमान लगा सकते है कि वे स्थल के तल मे निकासहीन गड्ढे किस प्रकार उत्पन्न करते है।

पटल-विरूपण (Diastrophism—**धरातल के रूप का विगड़ना**)—इस शब्द के अन्तर्गत स्थलमण्डल के तल की समस्त गतियाँ सम्मिलित होती है, वे चाहे ऊपर की हो और अथवा नीचे की। भू-पटल की गतियाँ विभिन्न प्रकारो से द्रोणियो को उत्पन्न करती है। महाद्वीपीय-मग्न-तटो (continental shelves) के ऊपर उथले जल के नीचे द्रोणियो के रूप के ही समान अनेक गड्ढे होते है। यदि ऐसे क्षेत्र, स्वय ऊपर को उठकर अथवा उनके ऊपर मे समुद्र के जल के हट जाने से, स्थल मे परिवर्तित हो जाएँ तो नवीन स्थल के तल पर द्रोणियाँ दिखाई देगी। अत समुद्र के नितल से निकले हुए नवीन स्थल भाग ऐसे प्रदेश है जहाँ झील द्रोणियाँ मिलती है। फ्लोरिडा और साइवेरिया के मैदानो की कुछ झीलो की द्रोणियाँ सम्भवत इसी प्रकार से उत्पन्न हुई थी। आरम्भ मे ऐसी द्रोणियो की झीले खारी होती है किन्तु वाद मे वे मीठे पानी की वन सकती है।

स्थल के क्षेत्रो मे 'तल के इठने' (crustal warping) के कारण झील की द्रोणी उत्पन्न हो सकती है। जैसे, यदि किसी समतल क्षेत्र का एक भाग नीचे को इठ जाय और उसका पास-पडोस टेढा न हो तो एक द्रोणी का निर्माण हो जाता है और अनुकूल जलवायु सम्वन्धी परिस्थितियो मे वह झील का स्थल वन सकती है।

किसी नदी की घाटी की ऐठन (warping) द्वारा झीलो की द्रोणियो का उद्भव उसी दशा मे हो सकता है कि ऐठन घाटी के एक भाग को नदी के ऊपरी किसी भाग की अपेक्षा ऊँचा वना दे। जव ऐठन ऊपर की ओर होती है तो एक वाँध वन जाता है और सरिता के ऊपरी भाग का जल एक तडाग का रूप धारण कर लेता है

और एक झील बन जाती है। स्विटजरलैण्ड मे जेनेवा नाम की झील का उद्भव इसी प्रकार से हुआ बताया गया है। इस प्रकार से बनी झीलो का जीवन छोटा हो सकता है क्योकि अधिकाश स्थितियो मे बाहर की ओर बहता हुआ जल शीघ्र ही रुकावट (बाँध) को काट डालेगा।

किसी घाटी का कोई भाग 'टूटने (भ्रंशन) की क्रिया' (faulting) के कारण नीचे धँस सकता है और एक द्रोणी उत्पन्न हो सकती है। मृतक सागर और ओरेगान की झीलो की द्रोणियो की उत्पत्ति इसी प्रकार से हुई बतायी जाती है (**चित्र ३८ और २९६**)। एक व्याख्या के अनुसार अफ्रीका महाद्वीप की स्टेफानी, रुडाल्फ, अलबर्ट टांगानीका, लिओपोल्ड और न्यासा झीले एक विशाल विभ्रंश-घाटी (rift or sunken valley) मे स्थित है।

Fig. 296
Section showing the structure of the rock about Abert and Warner Lake, Oregon. (*U. S Geological Survey*)

अतीत काल मे जब चट्टानो की तह लगने की क्रिया (folding of rock strata) द्वारा पर्वतो का निर्माण हुआ, तभी सम्भवत झीलो की भी उत्पत्ति हुई। जहाँ कही भी स्थलमण्डल के तल मे दो समानान्तर मोडे (folds) विकसित हुई है वही पर उनके मध्य एक छोटी द्रोणी (trough—द्रोणिका) बन गयी है। कुछ दशाओ मे ऐसी द्रोणिकाएँ सम्भवत दोनो किनारो की अपेक्षा बीच मे अधिक गहरी रही है और परिणामस्वरूप झीले बन गयी है। सामान्यत इस प्रकार से निर्मित झीलो का जीवन छोटा होगा क्योकि जल की पर्याप्त निकासी के लिए इनकी स्थिति अनुकूल होती है, और बहकर जाने वाला जल शीघ्र ही उनके निकास-मार्गो को नीचा बना देगा जिसके कारण उनका जल शीघ्र ही बाहर निकल जाएगा। भ्रशन (faulting) और ऐठन (warping) द्वारा उत्पन्न द्रोणियो के बीच भेद करना कठिन हो सकता है, विशेषत जबकि द्रोणियो की ठोस चट्टाने (शैल) अपोढ अथवा मिट्टी के भारी आवरण द्वारा ढकी हो। भूकम्पो (earthquakes) के समय मे ऐठन द्वारा अथवा सम्भवत. अधिक सामान्यत भ्रशन द्वारा झीलो की द्रोणियो की उत्पत्ति का होना विदित है। सन् १८११ और १८१२ मे भूकम्पो के अवसरो पर निचली मिसीसिपी की घाटी मे पर्याप्त क्षेत्र नीचे को धँस गया था। इन क्षेत्रो मे अधिकतम नीचे धँसा हुआ एक क्षेत्र रीलफुट (Reelfoot) झील का स्थल बन गया जिसका थोडा-सा भाग टेनेसी (Tennesse) और थोडा-सा भाग केण्टुकी (Kentucky) मे मिसीसिपी नदी के सपाट (flat) मे स्थित है।

ज्वालामुखीय क्रिया (Vulcanism)—कुछ ज्वालामुखी ऐसे है जो शान्त हो गये है और उनके शीर्षो मे द्रोणियाँ बन गयी है जो **विवर** (craters) कहलाती है।

इन विवरो मे जब जल भर जाता है तो वे **विवर झील** (crater lakes) कहलाने लगते है। रोम (Rome) के निकट की नेमी झील (Nemı Lake) और नेपुल्स के निकट की आवर्नो झील इसी प्रकार की झीलो के उदाहरण है। ऐसी ही झीले फ्रास मे भी मिलती है। तडाग अथवा छोटी झीले अनेक स्थानो के विवरो मे स्थित है, यहाँ तक कि नेवादा और अरीजोना (सयुक्त राज्य) जैसे शुष्क प्रदेशों मे भी मिलती है। लावा का प्रवाह भी नदी-घाटियो के मार्ग को अवरुद्ध कर (रोक) सकता है और इस प्रकार झीलो को उत्पन्न कर सकता है। कैलीफोर्निया मे स्नैग (Snag)

Fıg. 297
Sectıon across the mountaıns of Palestıne to the mountaıns of Moab, showıng the posıtıon and relatıons of the Dead Sea.
(Aftei Blanckenhoin, from Geikie's Sculptuie)

और जार्डन की घाटी मे टिबरिया (Tıberıas) नाम की झीले इसके उदाहरण है। ऐसी अन्य झीले फ्रास मे भी है और उनमे भी अधिक उन प्रदेशो मे है जहाँ हाल के ज्वालामुखी है। ओरेगान मे विवर झील (crater lake) (**चित्र २९८ और २९९**) जिसका व्यास ८-९ किलोमीटर है और जिसकी गहराई ६०० मीटर है (पृष्ठ २९८), एक ज्वालामुखी पर्वत के शीर्ष के नीचे को धँस जाने से बनी हुई द्रोणी अथवा **'निमग्न-ज्वाला-मुख'** (caldera) मे स्थित है। यद्यपि यह झील एक नष्टक्रिय (विलुप्त—शान्त) ज्वालामुखी के शीर्ष के गर्त मे स्थित है तथापि इसकी द्रोणी के होने का कारण पटल-विरूपण (dıastrophısm) ही है, न कि ज्वालामुखी की क्रिया। यह झील ऐसे असाधारण मनोरजन की है कि इसके पास-पडोस का क्षेत्र एक राष्ट्रीय उद्यान (Natıonal Park) घोषित कर दिया गया है। इसके इतिहास के विषय मे प्रचलित सामान्य धारणा का स्पष्टीकरण **चित्र ३०० और ३०१** द्वारा किया गया है। ये चित्र कल्पित है। **चित्र ३००** उस ज्वालामुखी को व्यक्त करता है जिसके शीर्ष के नीचे धँसने से पहले चित्रित रूप मे होने की कल्पना की गयी है और **चित्र ३०१** जल से रहित वर्तमान द्रोणी को व्यक्त करता है। **चित्र २९८ और २९९** मे दिखाया गया द्वीप एक छोटा ज्वालामुखी शकु (cone) है जो शीर्ष के नीचे को धँस जाने के समय से विकसित हुआ है। कभी-कभी लावा का बहाव तलो पर शीतल हो जाता है जिसके कारण तलो मे परिवर्तन पैदा हो जाता है और द्रोणियाँ उत्पन्न हो जाती है, उन द्रोणियों मे जल भर जाने से झीले बन जाती है।

क्रम-स्थापन (Gradatıon—श्रेणीकरण अथवा अनुक्रम)—श्रेणीकरण के विभिन्न कारक (agents) झीलो की द्रोणियो को जन्म देते है तथा उत्पन्न करने की विधियाँ भी भिन्न-भिन्न होती है।

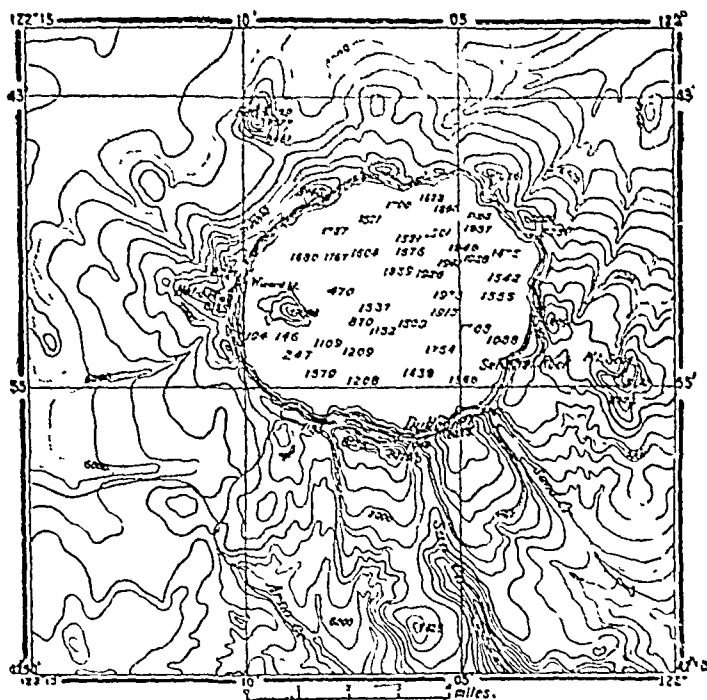



Fig. 298

Map of Crater Lake, Ore Contour interval 60 metres (200 feet). Soundings in feet Lake surface 1872 metres (6239 feet) above the sea level.
(*U. S Geological Survey*)

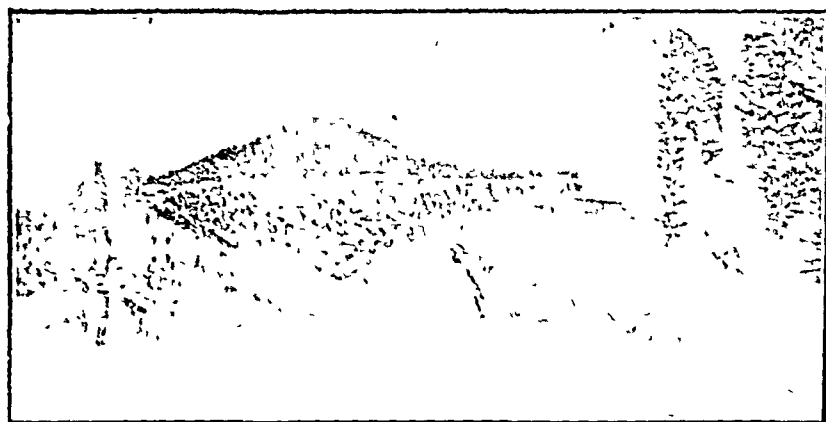



Fig 299

Western border of Crater Lake from Victor Rock to Llao Rock.
(*U. S. Geological Survey*)

Fig. 300

Mount Mazama (the name given to the former mountain where Crater Lake now is), as it is conceived to have been before the collapse which gave rise to the lake basin. (*U. S. Geological Survey*)

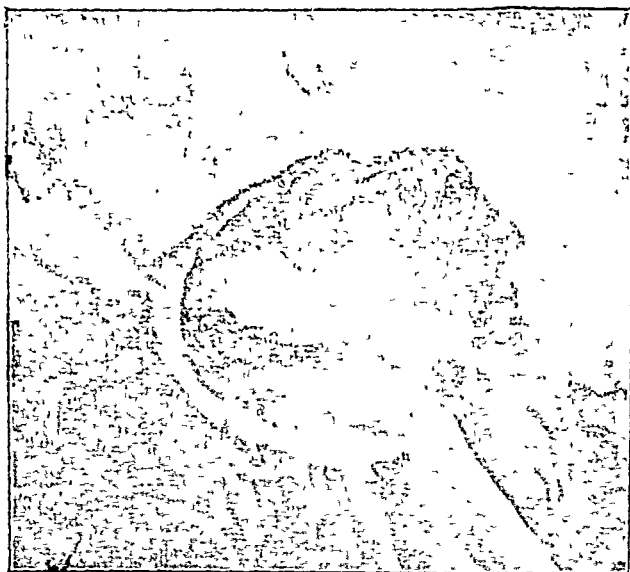



Fig. 301

The rim of Crater Lake. (*U. S. Geological Survey*)

(१) **नदीकृत झीले** (River lakes)—सरिताओं के बाढ के मैदानो पर उन झीलो का उल्लेख पहले ही किया जा चुका है, जो विसर्पण (meandering) और बाद मे विसर्पण के अलग कट जाने के कारण बनती है, किन्तु नदियो द्वारा अन्य प्रकारो से भी झीलों की उत्पत्ति होती है। यदि कोई सहायक नदी अपनी मुख्य नदी मे इतना तलछट ले आती है कि मुख्य नदी उसको पूर्णत: ढो सकने मे समर्थ न हो तो अतिरिक्त तलछट रुकावट (अवरोधन) के रूप मे जमा हो जाता है और वह ऊपर के जल का तडाग (pond) बना देती है (**चित्र २९०**)। यदि कोई मुख्य नदी अपने जलमार्ग को ऊँचा बना देती है तो वह अपनी सहायक नदियो के जल के प्रवेश मे रुकावट पैदा कर देती है और उनके साथ-साथ झीलो की उत्पत्ति कर देती है। लुसियाना की रैड नदी के किनारो की झीलो के विषय मे पहले यही व्याख्या दी जाती थी (**चित्र २९१**); किन्तु अब यह विदित होता है कि इस दशा मे सहायक नदियो का अवरोधन मुख्य नदी मे शहतीरो (timbers) के जमा होने के कारण हुआ था, न कि सामान्य अर्थ[1] में तलछट के कारण।

यह सर्वविदित है कि कभी-कभी सरिताओ मे 'बेड़े' (rafts—लकडी के लट्ठो के तैरते हुए समूह) बन जाते है। 'बेडे' उन शहतीरो के समूह रूप होते है जो विसर्पण करती हुई सरिता के किनारो को एकसा बनाने की क्रिया (lateral planation—समकरण) के कारण जगलो से युक्त किनारो के धँस जाने के परिणामस्वरूप नदी मे गिरते है। सरिता मे इस प्रकार से बहते हुए वृक्ष अनुकूल स्थानो पर तटो के साथ रुक जाते है और इस प्रकार की रुकावट जब एक बार आरम्भ हो जाती है तो लट्ठो का जमाव बढता ही चला जाता है। वृक्षो की डाले अन्य तैरते हुए वृक्षो को पकडकर और रोककर बेडे के विकास मे अत्यधिक सहायता देती है।

रैड नदी (Red River) विशाल बेडे के लिए एक विख्यात स्थान रही है। इस बेडे का निर्माण अलैक्जेंड्रिया (Alexandria) से नीचे किसी स्थान पर आरम्भ हुआ था (**चित्र ३०२**) और सोलहवी शताब्दी के उत्तरार्द्ध (latter part) तक इसका शीर्ष अलैक्जेंड्रिया के निकट तक पहुँच गया था। यह बेडा वास्तव मे न्यूनाधिक रूप से अलग-अलग समूहो की एक शृखला था, जिसमे से प्रत्येक नदी को पूर्णतया ढके हुए था। पहले के समूहो (early jams) के प्रभाव से नदी के ऊपरी भाग के जल का तडागीकरण (ponding) हो गया था, फलस्वरूप, नदी का जल अपने पुराने जलमार्ग को छोडकर तट के निचले स्थानो मे होकर बहने के लिए बाध्य हो गया। इस प्रकार से अलैक्जेंड्रिया से नीचे सम्पूर्ण नदी एक नवीन मार्ग मे मुड गयी (**चित्र ३०३**)। नवीन निष्क्रम अथवा निकास-मार्ग के समीप बहती हुई लकडी के एकत्रित हो जाने से वहाँ पर अन्य जमावो के उत्पन्न होते जाने से बेडा यहाँ तक बढता गया कि वह नदी मे ऊपर की ओर लगभग २५६ किलोमीटर (१६० मील) तक बढ गया। सन् १८२० से १८७२ के मध्य इसके विकास की औसत गति प्रत्येक

---

[1] Veatch, A.C., Professional Paper 46, U.S. Geological Survey, 1906.

वर्ष लगभग ⅓ किलोमीटर थी, किन्तु दो अवसरों पर बाढ के समय ८ किलोमीटर (५ मील) से ऊपर वेड़े के जमाव का उल्लेख मिलता है। जैसे-जैसे वेडा सरिता की ऊपरी धार की ओर वढता गया, वैसे ही वैसे वह सहायक नदियों को रोकता गया और उनके किनारो पर झीलो को विकसित करता गया।

वेड़े के वोझ से वोझिल भाग के निचले भाग मे नदी के किनारे की झीलो के विषय मे कोई उत्तम वर्णन नही मिलता है। प्रारम्भिक वसावट के समय इसका निचला सिरा Natchitoches के समीप था और इस नगर की स्थिति विशेषकर इस तथ्य द्वारा निश्चित की जाती थी कि रैफ्ट का आधार सामान्य नौचालन का शीर्ष था।

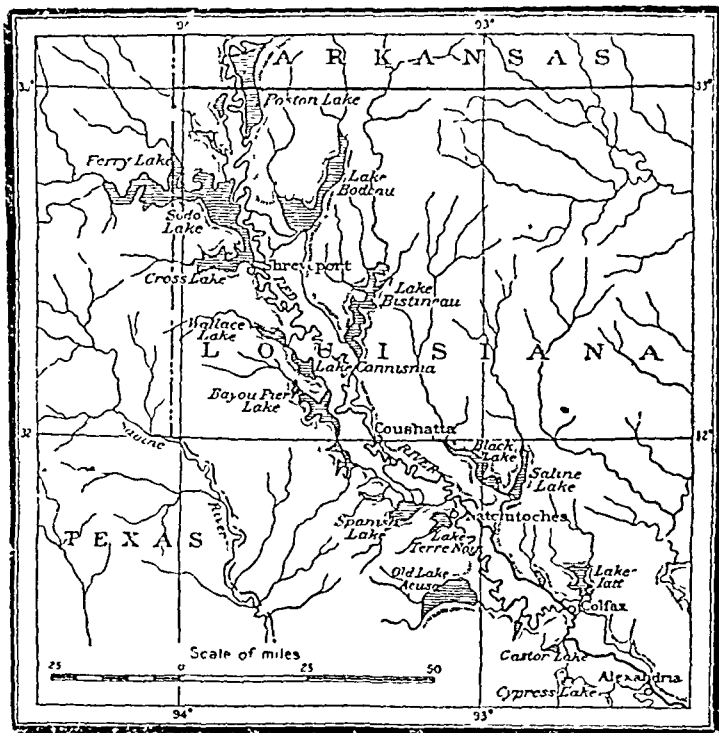



Fig. 302

The lakes of Red River Valley, La., at their fullest recorded development. (*Veatch, U. S. Geological Survey*)

वेडे के ऊपरी भाग के किनारे की झीलो का वर्णन अधिक विस्तृत है। श्रीवपोर्ट (Shreveport) के निकट झीलो का समूह अठारहवी शताब्दी के अन्त के समीप बना था। यह वेडा सन् १८७३ मे पूर्णरूप से हटा दिया गया था। वेड़े के हटने से पहले वह लगभग आरकसास रेखा (Arkansas line) तक वढ़ चुका था और पोस्टन (Poston) नाम की झील की रचना कर चुका था जो उस क्रम की सबसे उत्तरी सीमा पर है (चित्र ३०२)।

वेडे के हट जाने के बाद से श्रीवपोर्ट से २४ किलोमीटर (१५ मील) ऊपर

एक स्थान पर नदी ने अपने जलमार्ग को ५ मीटर (१५ फुट) और श्रीवपोर्ट पर १ मीटर (३ फुट) नीचा कर दिया है। जलमार्ग के गहरे हो जाने के फलस्वरूप सहायक नदियों ने अपनी घाटियों को नीचा बना लिया है जिससे उनका मुख्य नदी के साथ सतुलन हो सके और अब झीलें जल को खो रही है। अनेक स्थानों पर जो स्थल पहले झील के जल से पूरित था वह अब कृषि कार्य में लिया जा रहा है। जब सहायक नदियों का स्थलाकृतिक संतुलन पूरा हो चुकेगा, तब अन्य क्षेत्र, जो अब भी जल के नीचे डूबे हुए हैं, कृषि के लिए मिल सकेंगे।

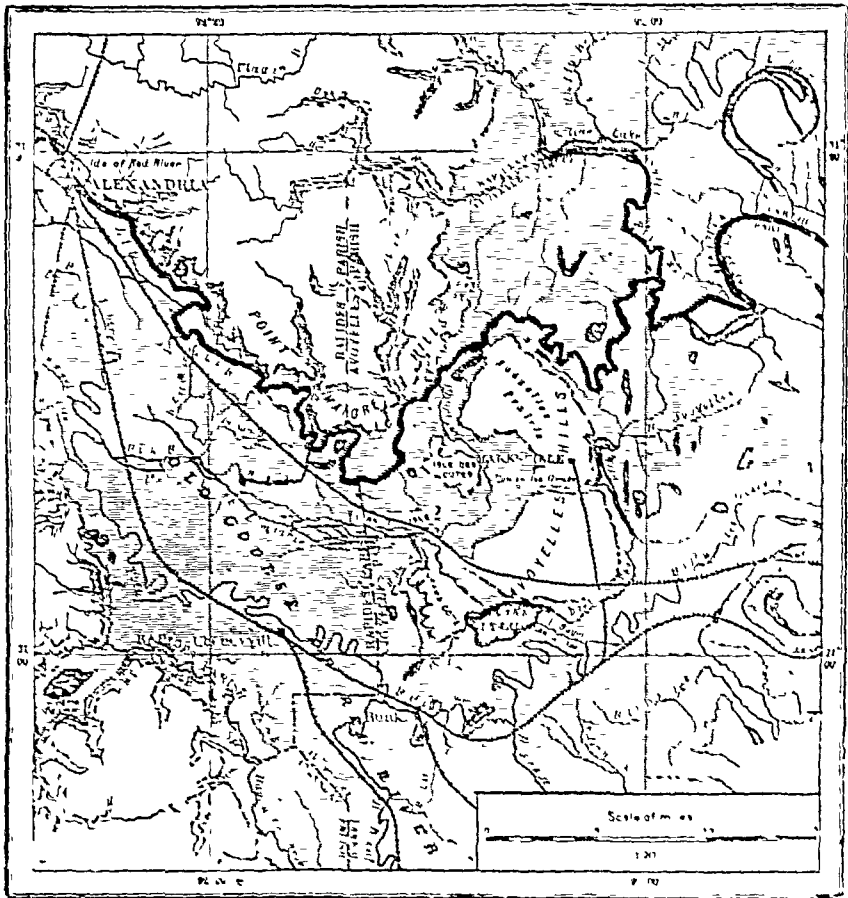



Fig 303

Map showing the diversion of the Red River below Alexandria. The shaded areas are subject to overflow.

(Veatch, U S. Geological Survey)

नदियाँ अंशत अथवा पूर्णत झीलों के उस वर्ग के लिए उत्तरदायी हैं जिनको **डेल्टा की झीलें** (delta lakes) कहा जा सकता है। लुसियाना में पौण्टचारट्रेन (Pont Chartrain) झील इसका उदाहरण है (चित्र १८५)। यहाँ पर नदी द्वारा लाया

गया मलबा उथले जल के एक क्षेत्र के चारो ओर जमा हो गया था और वह जल क्षेत्र एक द्रोणी मे परिवर्तित हो गया। कुछ स्थानो मे किसी घाटी के आरपार कछारी-शकुओ (alluvial cones) अथवा जलोढ-पखो (alluvial fans) के वनने से दलदल, तडाग और झीले वन जाती है। कैलीफोर्निया मे तुलार झील (Lake Tulare) के वेसिन (सियरा) से उतरने वाली एक सरिता, किग नदी (King River) द्वारा वनाये गये एक जलोढ-पख के कारण वनी हुई है।

(२) **तरंगो और तटीय धाराओ द्वारा उत्पन्न झीलें** (Waves and shore currents)—तरगे और तटीय धाराएँ घाटियो के डूवे हुए शीर्षो अथवा अन्य खाडियो को वन्द करके झीलो को उत्पन्न करती है। अनेक तटो के समीप अनेक उदाहरण मिलते है (**पट्ट २० और चित्र ३०४**)।

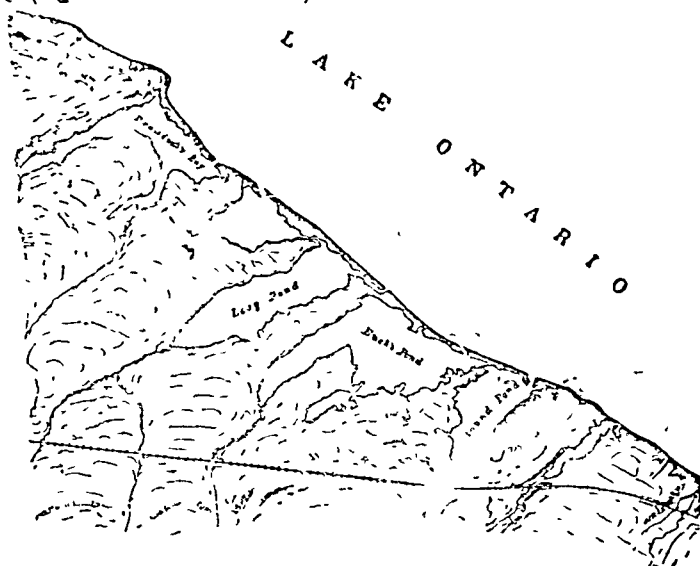



Fig. 304

Maps showing lakes (ponds) along the shore of Lake Ontario, shut off from the main lake by sand-bars (*U. S. Geological Survey*)

(३) **हिमनदीकृत झीले** (Glacial lakes)—झीलो के वितरण और पूर्व कालो मे हिम के वितरण का आपसी सम्वन्ध इतना घनिष्ठ है कि उसे आकस्मिक नही समझा जा सकता है, और झीलो के अध्ययन से ज्ञात हुआ है कि अनेक झीलो की द्रोणियाँ हिमाच्छादन के कारण उत्पन्न हुई। हिमनदियाँ अनेक प्रकारो से द्रोणियो की उत्पत्ति करती है, जिनमे से कुछ का उल्लेख पहले ही हो चुका है।

(अ) कोई पर्वतीय हिमनदी किसी प्रपाती ढाल से नीचे उतरते समय उस ढाल के आधार पर एक द्रोणी खोद सकती है (**चित्र ३०५**)। सयुक्त राज्य की पश्चिमी पर्वतीय घाटियो और ससार के अन्य भागो मे समान परिस्थितियो मे सैकडो

झीलों की द्रोणियाँ इसी प्रकार से बनी थी। ऐसी झीले अधिकांशतः छोटी है और शैल द्रोणियो (rock basins) मे स्थित है।

(आ) जहाँ पर हिमनदी असमान कठोरता की शिलाओ पर से गुजरती है, वहाँ वह मजबूत शिलाओं की अपेक्षा निर्बल शिलाओ का सामान्यतया अधिक अपक्षरण (erosion) करती है और इस प्रकार से कमजोर शिलाओ मे गड्ढे खोद देती है। इस प्रकार से बनी हुई झीलों की द्रोणियाँ पर्वतीय घाटियों में सामान्यतया मिलती है, तथा वे हिम की चादरों से ढके हुए क्षेत्रो में भी ज्ञात है।

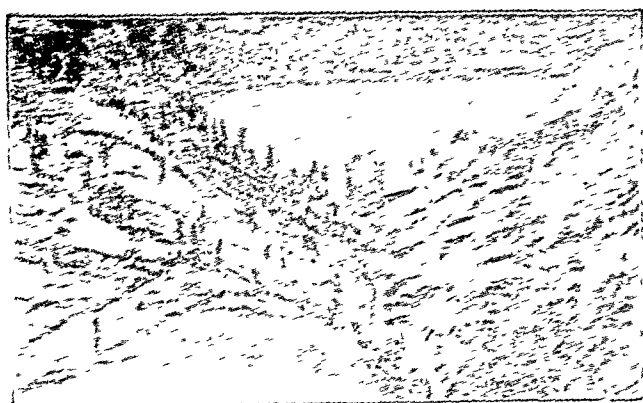



Fig. 305
Shadow Lake, in a rock basin of glacial origin, near the head of San Joaquin Valley, Sierra Nevada Mountains, Cal. (*Fairbanks*)

उपरोक्त प्रकार की झील द्रोणियाँ हिमनदी के अपक्षरण कार्य द्वारा उत्पन्न होती है।

(इ) किसी पर्वतीय घाटी से उतरती हुई हिमनदी किसी सहायक घाटी के निचले सिरे को रोक सकती है और इस प्रकार से सहायक घाटी के ऊपरी भाग मे एक झील बन सकती है। इस प्रकार की द्रोणी को **हिम-रोधी-द्रोणी** (ice-barrier-basin) कहते है। स्विटजरलैण्ड मे मारजेलिन सी (Marjelen See) इस प्रकार की झील का एक उदाहरण है। अनेक पुरानी वे झीले जो हिम की रुकावट के कारण बनी थी, नष्ट हो चुकी है, जैसे आगासीज की झील।

(ई) हिमाच्छादन द्वारा उत्पन्न झीलो की असख्य द्रोणियाँ जिनका निर्माण उस मलबे के निक्षेपण द्वारा हुआ जो हिम द्वारा ढोये जाने पर उस तल पर त्याग दिया गया जहाँ हिम पिघल गयी थी। ऐसी द्रोणियाँ विभिन्न प्रकार की है—(१) पर्वतीय हिमनदियो के सीमान्त हिमोढ़ (terminal moraines) अनेक घाटियो को पार करके उनमे रुकावट डाल देते है और इस प्रकार की द्रोणियाँ उत्पन्न करते है कि उनमे झीले बन जाती है (चित्र २५८)। (२) अनेक अन्य परिस्थितियो में, किसी चट्टान के ढाल के साथ अपोढ़ (drift) इस प्रकार से जमा हो जाता है कि

अपोढ की मुख्य राशि और शिला के मध्य एक गड्ढा छूट जाता है। इस प्रकार की द्रोणियाँ अशत ठोस चट्टान और अशत अपोढ द्वारा घिरी रहती है। इसके उदाहरण सयुक्त राज्य और यूरोप की अनेक झीलो द्वारा मिलते है। (३) अपोढ किसी घाटी को दो स्थानो पर भर सकता है और उनके मध्य भाग को खाली छोड सकता है। यह मध्य भाग एक द्रोणी वन जाता है, और जलप्राप्ति की अनुकूल परिस्थितियो मे एक झील वन जाती है। (४) अन्य झीलो की द्रोणियो की उत्पत्ति स्वय अपोढ के असमान निक्षेप के कारण होती है। सम्भवत उत्तरी अमरीका के उत्तरी भाग मे और उत्तरी यूरोप मे, झील द्रोणियो की वडी सख्या केवल अपोढ के तल मे गड्ढो की है। जिन झीलो की द्रोणियाँ इस प्रकार की है वे अधिक वडी अथवा अधिक गहरी झीलो मे से नही है।

उत्तरी अमरीका के हिमनदीयुक्त क्षेत्र के भीतर कुछ राज्यो मे तडागो और झीलो की सख्या हजारो तक पहुँचती है। केवल मिनीसोटा मे ही झीलो के क्षेत्रफल का अनुमान १३,००० वर्ग किलोमीटर (५,००० वर्गमील) से भी अधिक है।

अनेक हिमनदीकृत झीलो का उद्‌भव उपरोक्त परिस्थितियो एव सम्वन्धो का सम्मिलित परिणाम है। यहाँ पर वडी झीलो (Great Lakes) का उदाहरण दिया जा सकता है। जैसा कि पहले सकेत किया गया है, उनकी द्रोणियो के सम्भवत ये कारण है—(१) अशत (पूर्णरूप से नही) हिम आवरण के क्षयात्मक कार्यो के फलस्वरूप, जिन्होने गड्ढो को पर्याप्त गहराई तक खोद दिया; (२) अशत इस प्रकार से अपक्षरित (eroded) मलवे की द्रोणियो के किनारो (rims) पर एकत्रित हो जाने से, और सम्भवत (३) अशत जल के नीचे के तल के नीचे की ओर के इठाव (warping) के कारण।

अवपतित झीले (Lakes due to slumping)—घाटियाँ कभी-कभी भूमि के खिसकने के कारण अवरुद्ध (obstructed) हो जाती है और इस प्रकार से द्रोणियो का जन्म होता है जो (द्रोणियाँ) झीलो मे परिवर्तित हो जाती है। इस प्रकार की एक झील १८९२ ई० मे गगा की ऊपरी घाटी मे वनी थी जो ८ किलोमीटर (५ मील) लम्वी और २१० मीटर (७०० फुट) से अधिक गहरी थी। दो वर्ष वाद वह वाँध जो पानी को वाँधे हुए था, टूट गया जिसके फलस्वरूप जो वाढ आयी थी उससे नीचे की घाटी को महान क्षति हुई थी।

विलयन, अपक्षयण (मौसमीकरण), पवन आदि (Solution, weathering, wind etc.)—तडागो और झीलो के योग्य द्रोणियो का उद्‌भव (जन्म) कभी-कभी अधोभूमि शैल (underlying rock) के विलयन (solution) द्वारा पूर्ण होता है। चूने के पत्थर (sand stone) की घोल-रन्ध्रे (sinks) तडागो और सम्भवत झीलो के स्थान वन सकती है, किन्तु इस उत्पत्ति की पर्याप्त द्रोणियाँ अज्ञात है। कुछ द्रोणियाँ तल की चट्टान (surface rock) के विलयन द्वारा बनती है। फ्लोरिडा की कुछ झीलो की द्रोणियाँ सम्भवत इसी प्रकार से उत्पन्न हुई थी।

शैल के तल का अपक्षयण (weathering—मौसमीकरण) असमान रूप से

होता है। यदि एक क्षेत्र का अपक्षयण अपने समीपवर्ती क्षेत्रो से अधिक होता है तो अपक्षीण (weathered) पदार्थ पवन द्वारा उड़ाया जा सकता है और वहाँ एक गर्त (depression) रह जाएगा जो जल को धारण करने के योग्य होता है। पवन द्वारा उड़ायी गयी बालू (wind driven sand—पवनोढ बालू) ऐसे छोटे गर्तो को जो जल के कुण्डो को धारण करते है, खुरचती अथवा काटती रहती है। विश्वास किया जाता है कि पैंटेगोनिया की भाँति के कुछ शुष्क प्रदेशो मे विशाल द्रोणियो का उद्भव इसी प्रकार से हुआ है, यद्यपि उनमे जल नही है। वायूढ़ बालू (eolian sand) निचले स्थानो के आसपास उनको समावृत (enclose) करती हुई एकत्रित हो सकती है, और इस प्रकार से दलदलों और तड़ागो की ही नही बल्कि झीलो तक की उत्पत्ति सम्भव होती है।

हिमनदीकृत झीले स्थलाकृतिक युग की संकेत (Glacial lakes an index to topographic age)—चूँकि नदियाँ झीलो की शत्रु होती है और वे सदैव सक्रिय रहती है; इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि पर्याप्त झीलो वाला कोई प्रदेश, यदि झीले घाटी सपाटो (valley flats) मे न हो, अपनी स्थलाकृतिक तरुणाई (topographic youth) वाला प्रदेश गिना जाता है। उच्च स्थानो की झीले अपेक्षाकृत आधुनिक उद्भव की है।

मानचित्र-कार्य—स्थलाकृतिक मानचित्रो की व्याख्या मे अभ्यास १४ देखिए।

खारी झीले
(Salt Lakes)

ससार की अधिकाश झीले मीठे पानी की झीलें है, किन्तु कुछ, जैसे—ग्रेट साल्ट लेक, कैस्पियन, अरल और मृतक सागर आदि; खारे पानी की झीले है। अधिकाश खारी झीले शुष्क जलवायु में है।

मीठे पानी की झीले खारी और खारे पानी की झीले मीठे पानी की झीले बन सकती है। ऐसा जलवायु के परिवर्तनो के फलस्वरूप होता है। शुष्कता के बढने के कारण किसी मीठे पानी की झील का वाष्पीकरण झील मे अन्दर आने वाले जल की मात्रा (जिसमे अवक्षेपण और आवाह (in take) सम्मिलित होते है) से अधिक होता है, तो झील का पानी खारी हो जाता है। यदि किसी खारे पानी की झील मे वाष्पीकरण झील मे आने वाले मीठे पानी की अपेक्षा कम होता है तो झील का जल मीठा होता जाता है और अनुकूल परिस्थितियो मे पूर्णतया मीठा बन सकता है। इन परिवर्तनो का सर्वोत्तम ज्ञात उदाहरण ग्रेट साल्ट लेक और उसकी पूर्ववर्ती झील मे, जो पहले उसी प्रदेश मे स्थित थी, मिलता है। उनका इतिहास कुछ-कुछ निम्नांकित जैसा है

(१) इस द्रोणी की सबसे पहली झील मीठे पानी की झील ज्ञात होती है। ऐसा प्रतीत होता है कि बाद मे जलवायु अधिक शुष्क हो गयी, जिसके कारण झील मे वाष्पीकरण की मात्रा उसके मीठे पानी के अन्दर आने वाली मात्रा मे अधिक हो गयी और झील का स्तर (level) नीचा हो गया। जब जल का वाष्पीकरण हुआ

तो घोल (solution) का खनिज पदार्थ झील मे रह गया। लवण भी इन पदार्थो मे से एक था; और जैसे-जैसे जल का वाष्पीकरण अधिकाधिक होता गया वैसे ही वैसे शेप वचे हुए जल का खारीपन (salintiy) वढता गया और झील खारी हो गयी।

(२) जलवायु का दूसरा परिवर्तन, इस वार वढी हुई आर्द्रता की दिशा मे, आरम्भ हुआ। झील मे मीठे जल की अन्दर आने की क्रिया वाष्पीकरण से अधिक हो गयी और तनुता (dilution) द्वारा जल का खारीपन कम हो गया। इसके साथ ही साथ, झील का स्तर भी तव तक ऊँचा उठता गया जव तक कि उसे कोलम्विया की ओर स्नेक नदी के मार्ग द्वारा निकास मार्ग न मिल गया। मीठे जल का निरन्तर आते रहने और तनुकृत (diluted) खारी जल का निरन्तर निकास होने के परिणाम-

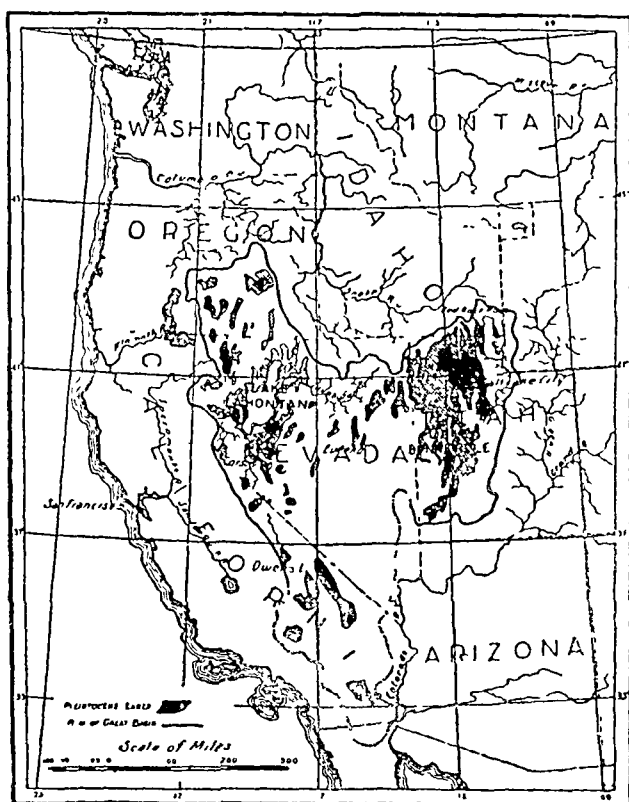



Fig 306
Former lakes of the Great Basin. Present lakes in black. (*U. S Geological Survey*)

स्वरूप झील का जल उत्तरोत्तर मीठा होता गया और अन्त मे वह मीठे पानी की झील बन गयी। प्राचीन विस्तृत झील को वोनेविले की झील (Lake Bonneville) कहते है (चित्र ३०६), जो अपने अधिकतम प्रसार मे प्राय ४४,२०० वर्ग किलोमीटर

(१७,००० वर्गमील) का क्षेत्रफल घेरे हुई थी। इसका तल ग्रेट सॉल्ट लेक के तल की अपेक्षा लगभग ३०० मीटर (१,००० फुट) अधिक ऊँचा था।

(३) जलवायु के दूसरे परिवर्तन ने, इस बार शुष्कता की दिशा मे, बोनेविले झील को कम कर दिया। इसका तल इसके निष्क्रम (निकास-मार्ग) से नीचे धँस गया और ऐसा होने के पश्चात् इसका जल क्रमश. खारी हो गया। जल के झील मे अन्दर आने की अपेक्षा अधिक वाष्पीकरण होते रहने के कारण बोनेविले की विशाल झील कालान्तर में घटकर ग्रेट सॉल्ट लेक बन गयी जिसका क्षेत्रफल लगभग ५,२०० वर्ग किलोमीटर (२,००० वर्गमील) तथा औसत गहराई लगभग ५ मीटर (१५ फुट) रह गयी। इसका जल नमक से पूर्ण है और अत्यधिक नमक जमा हो गया है।

और भी अधिक दूर पश्चिम मे परिवर्तनो का एक समान क्रम पूर्ववर्ती झील लाहोन्तान (Lake Lahontan) (**चित्र ३०६**), और मोनो झील (Mono Lake) द्वारा प्रमाणित होता है।

साल्ट झील, तथा कुछ अन्य शान्त झीलों (extinct lake) के स्थान इतना नमक उत्पन्न करते है कि उनके नमक का पर्याप्त मात्रा मे व्यापार किया जा सका है। कुछ वर्षो पूर्व यह अनुमान किया गया था कि ग्रेट साल्ट लेक में ४० करोड टन सामान्य नमक था तथा नमक के अतिरिक्त अन्य खनिज पदार्थ विशाल मात्रा मे थे। इस झील के पहले वाले घोल मे जो खनिज पदार्थ स्थित था, उसमे से पर्याप्त खनिज पदार्थ अब तक जमा हो चुका है। सन् १९१४ मे यूटाह (Utah) ने लगभग ३,७५,५०० बैरल नमक (जिसका मूल्य लगभग २,३१,५०० डालर था) उत्पन्न किया था। शान्त एवं अन्तर्स्थलीय झीलो अथवा सागरो के निक्षेप नमक के मुख्य स्रोत है। किन्ही-किन्ही स्थानो मे ये निक्षेप पर्याप्त गहरे दबे है। नमक के वे सुगम निक्षेप एव वे स्थान जहाँ पशु नमक चाटते है ("salt-licks"), केण्टुकी (Kentucky) के ब्लू ग्रास प्रदेश (Blue Grass Region) की ही भाँति ट्रास एलैगनी (Trans-Allegheny) की असख्य प्रारम्भिक बस्तियो का ज्ञान कराते अथवा ज्ञान कराने मे सहायता देते हैं। [अत यह सिद्ध होता है कि नमक के स्रोतो के समीप जनसख्या का बढ जाना स्वाभाविक ही है—अनु०]।

जलवायु पर झीलों का प्रभाव (Climatic Effects of Lakes)

सयुक्त राज्यो एव यूरोप के उत्तरी भागो मे असख्य झीलो की उपस्थिति का जलवायु पर कुछ प्रभाव पडता है। इतना तो अवश्य ही होता है कि वे थोडे-से विस्तार मे वायु की आर्द्रता को बढा देती है, और चूँकि स्थल की अपेक्षा जल कम सुगमता से गरम होता है और कम सुगमता से शीतल होता है, अत झीलों का प्रभाव जलवायु को मृदु बना देना है। जब तक कि वे जम नही जाती है तब तक वे अपने पास-पडोस के तापक्रम को पतझड तथा जाडे के आरम्भ मे जितना होना चाहिए उससे कुछ ऊँचा कर देती है और वे वसन्त के तापक्रम को घटा देती है। झीलो का तापमान सम्बन्धी प्रभाव मुख्यत. उस पार्श्व मे अनुभव किया जाता है जिसकी ओर झील से प्रचलित पवनें (prevailing winds) चलती है।

आर्थिक लाभ और हानियाँ (Economic Advantages and Disadvantages)

झीले मानव जाति के लिए लाभकारी है अथवा हानिकारक ? इस प्रश्न को विभिन्न दृष्टिकोणो से देखा जा सकता है ।

(१) ग्रेट लेक्स (Great Lakes) आवागमन के मार्ग का काम देती है और सस्ते परिवहन को सम्भव बनाती है। इस प्रकार वे एक अच्छे उद्देश्य की पूर्ति करती है, यह तथ्य उनमे होने वाले विस्तृत व्यापार की मात्रा से स्पष्ट है । (२) अनेक नगर, जैसे शिकागो, झीलो से अपनी जल-पूर्ति (water-supply) प्राप्त करते है । शिकागो की स्थिति कुछ इस भाँति की है कि वह बिना पर्याप्त धन व्यय किये किसी अन्य स्रोत से सुगमता के साथ पर्याप्त जल-पूर्ति नही कर सकता था । (३) झीले खाद्य-पदार्थ की उल्लेखनीय सामग्री (जैसे मछली आदि) प्रदान करती है। (४) जलवायु को मृदु बनाकर कम से कम कुछ न्यून सीमा तक वे कृषि व्यवसाय मे परिवर्तन ला देती है । उदाहरण के लिए, प्रचलित पछुआ पवन मिशीगन झील के पूर्वी किनारे की जलवायु को इस प्रकार से मृदु बना देती है कि वह फल उत्पन्न करने के लिए अनुकूल हो जाती है, जबकि झील का पश्चिमी किनारा उन पवनो से प्रभावित है जो झील के कारण मृदु नही बन सकी है, और वे फल व्यवसाय के लिए बहुत ही कम अनुकूल होती है । इन तथा अन्य प्रकारो से झीले मानव के लिए उपयोगी है ।

इसके विपरीत, यह स्मरण रखना चाहिए कि झीलो जैसी जलराशियो के स्थान, उस दशा मे उत्तम कृषि के क्षेत्र होते जबकि वहाँ, जहाँ वे आज है, द्रोणियाँ उत्पन्न न हुई होती । उदाहरण के लिए, मिशीगन झील का, जो धरातल के लगभग ५८,३७० वर्ग किलोमीटर (२२,४५० वर्गमील) भाग पर अधिकार किये हुए है, अधिक भाग सम्भवत उत्तम कृषि-योग्य भूमि हुआ होता। ऐसे उत्तम कृषि-योग्य भूमि के क्षेत्रफल का मूल्य झील से होने वाले आर्थिक लाभ की अपेक्षा कही अधिक होता ।

छोटी झीले आवागमन के मार्गो के रूप मे महत्त्वपूर्ण नही होती है और वे जलवायु पर भी उल्लेखनीय प्रभाव नही डाल पाती है । दलदलो के विषय मे भी यही बात कही जा सकती है । इसमे कोई सन्देह नही है कि यदि ससार की समस्त झीलो का क्षेत्रफल कृषि कार्य मे आया होता तो उससे प्राप्त लाभ उस लाभ की अपेक्षा बहुत अधिक होता जो अब झीलो के किसी भी प्रयोग से प्राप्त है । किन्तु, फिर भी, झीलो का अपना एक विशेष मूल्य है जिसे सिक्को मे नही आँका जा सकता है। झीले भू-दृश्य (landscape) को मनोहर बना देती है और विश्राम एव मनोरजन के साधन प्रदान करती है जो अन्य प्रकार से प्राप्त नही हो सकते। इस दृष्टि से झीलो के मूल्य का सरलता से अनुमान नही लगाया जा सकता है ।

किसी झील के किनारो अथवा द्वीपो पर स्थिति के कारण से प्राप्त होने वाले लाभो का जो उन किनारो के मूल निवासियो को मिल सकते थे अथवा मिल सकते है, आभास इस तथ्य से मिलता है कि प्राचीनतम यूरोपीय सभ्यता का उदय स्विटजरलैण्ड की झीलो के आसपास ही हुआ था और मैक्सिको तथा पीरू की झीले उन देशो की प्राचीन सभ्यताओ की जन्मभूमि थी ।

तटों की स्थलाकृतिक आकृतियाँ
(Topographic Features of Shores)

झीलो मे होने वाले आधुनिक परिवर्तन विषयक वर्णन के प्रसंग मे झील के तटो की कुछ स्थलाकृतिक आकृतियों का उल्लेख किया गया था, क्योंकि उनका विकास झीलो की द्रोणियों के इतिहास पर और स्वय झीलो के जीवन पर प्रभाव डालता है, किन्तु यह विषय इतना महत्त्वपूर्ण है कि इसे प्रासगिक वर्णन से अधिक ध्यान देने योग्य मानना चाहिए।

अपने तटो के साथ-साथ झीलो द्वारा विकसित स्थलाकृतिक आकृतियाँ, समुद्र द्वारा अपने तटो के साथ-साथ विकसित आकृतियो के ही समान है, अन्तर केवल यही है कि समुद्री आकृतियाँ बड़े पैमाने पर होती है। अतएव झील-तटो की स्थलाकृतिक आकृतियो के विकास की चर्चा अपने अधिकाश विस्तार मे समुद्र के तटो के लिए भी लागू है।

श्रेणीकरण (gradation) सागरो एव झीलो के तटो को सर्वत्र प्रभावित कर रहा है; पटल-विरूपण (diastrophism) अनेक स्थानो पर उन्हे प्रभावित कर रहा है; यद्यपि सार्वभौमिक रूप से नही, और कम से कम इस सीमा तक भी नही कि वर्ष-प्रतिवर्ष उसकी ओर ध्यान दिया जा सके। साथ ही तटो पर ज्वालामुखी क्रियाओ का प्रभाव अत्यन्त सीमित तथा इस प्रसग मे महत्त्वहीन है।

वर्तमान काल में तटो पर होने वाले श्रेणीकरण के परिवर्तन (Gradational Changes now Taking Place along Shores)

लहरे, धाराएँ, नदियाँ, पवन, हिमनदियाँ, तट पर बनी हिम और विभिन्न अन्य कारक (agencies), सागरो एव झीलो के तटो पर कार्य कर रहे है, और प्रत्येक तट-रेखा (coast-line) पर कुछ न कुछ प्रभाव डालते है। इनमे लहरे एव वे गतियाँ जो लहरो को उत्पन्न करती है, सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण होती है।

(१) **लहरे** (waves), **अधोवाह** (undertow), **तटीय धाराएँ** (shore currents)—किसी लहर का ऊपरी भाग उसका शीर्ष होता है और दो आसन्न (समीपी) शीर्षो के बीच का गर्त द्रोणिका (trough) कहलाती है। शीर्ष और नितल के बीच का ऊर्ध्वाधर (vertical) अन्तर तरग की ऊँचाई होती है, और दो सलग्न शीर्षो के बीच का क्षैतिज (horizontal) अन्तर उसकी लम्बाई है। किसी शीर्ष अथवा द्रोणिका को तरग की लम्बाई को पार करने मे जितना समय लगता है वह तरग की अवधि (period) कहलाती है। खुले हुए समुद्र मे तूफानी तरगे लगभग ६ मीटर से ९ मीटर (२० से ३० फुट) तक की ऊँचाई की होती है और कभी-कभी तो उनकी ऊँचाई लगभग १५ मीटर (५० फुट) तक होती है। जैसा कि हम देखेगे, तट पर उनकी ऊँचाई बहुत अधिक हो सकती है। विशाल तरगो की लम्बाई किसी-किसी स्थिति मे ४५० मीटर (१,५०० फुट) तक की हो सकती है और उनका वेग प्रति घण्टा १०० किलोमीटर (६० मील) तक हो सकता है। ऐसी लम्बाई और वेग औसत से बहुत अधिक है।

खुले समुद्र मे तरंग की गति मे जल की गति आगे को नही होती है। जल का प्रत्येक कण एक वक्र (curve) वनाता है, और सिद्धान्तत जहाँ से कण आरम्भ हुआ था वही पर आकर रुक जाता है, यद्यपि तरग का रूप आगे वढ जाता है। इसमे निहित गति का कुछ आभास अनाज अथवा घास के किसी तरगित क्षेत्र से प्राप्त किया जा सकता है जहाँ पर प्रत्येक गतिशील तना (stem) पृथ्वी मे गढा हुआ हो, यद्यपि एक तरग के बाद दूसरी और दूसरी के बाद तीसरी तरगे क्रमश क्षेत्र को पार कर जाती है, अथवा रस्मी के एक उस लम्वे टुकडे से प्राप्त हो सकता है जिसका एक सिरा वाँध दिया जाए और दूसरे सिरे को ऊपर-नीचे हिलाया जाए। क्रमिक तरंगे हिलाये गये सिरे से दूसरे सिरे तक दौड जाती है। यदि तरग मे जल उसी वेग से आगे वढता है जिस वेग से तरग-रूप (wave-form) वढता है तो समुद्र नाव चला सकने के योग्य कभी नही हो सकता है।

चित्र ३०७ तरगो मे जल की उस गति की प्रकृति का कुछ आभास देता है जो खुले समुद्र की तरगो मे मिलती है।

Fig. 307

Diagram to illustrate the movement of water in waves. The small circles represent the movement of water particles. The full line shows one trough and two crests at one instant, and the dotted line the same feature a little later.

जव पवन अति प्रवल होती है तो तरग का शीर्ष आगे की ओर उडा दिया जा सकता है, अर्थात् तरग टूट जाती है और इस कारण उसकी गति वास्तविक तरग की गति से स्वतन्त्र हो जाती है। जव तरगे नही भी टूटती तव भी तल का जल गतिशील वायु के द्वारा कुछ सीमा तक आगे को सरका दिया जाता है।

महासागर की ऊँची तरगे **'सागर'** ('Seas') कहलाती है और जव कभी कोई मल्लाह 'उच्च सागर' (high sea) कहता है तो उसका अभिप्राय ऊँची तरगो से होता है। खुले समुद्र मे तरगो की नाशक-शक्ति (destructivencss) जितनी मात्रा मे उनकी ऊँचाई पर निर्भर होती है, उतनी ही उनकी लम्वाई पर भी निर्भर होती है। एक निश्चित ऊँचाई पर तरग जितनी ही अधिक लम्वी होगी उतनी ही उसकी नाशक-शक्ति कम होगी।

किसी तूफान द्वारा उत्पन्न तरगे जहाँ आरम्भ होती है, वहाँ से वहुत दूर आगे तक दौड जाती है। यदि जल गहरा होता है और तरगे किसी द्वीप आदि द्वारा नही रुकती तो उनकी ऊँचाई कम होती जाती है किन्तु उनका वेग और लम्वाई वने ही रहते है। जिस तूफान ने उनको उत्पन्न किया था उसके समाप्त हो जाने पर वे वची हुई तरगे **महातरंग** (swell) **अथवा भू-उल्लोल** (ground-swell) वनाती है। प्रचण्ड प्रभंजनो (hurricanes) की दशा मे कभी-कभी नाशक तरगो का प्रभाव तूफान

से लगभग १,६०० किलोमीटर (१,००० मील) की दूरी तक पहुँच जाता है। विभिन्न स्थानो मे तूफानो के आते रहने के कारण खुला समुद्र शायद ही कभी पूर्णतया शान्त रहता है।

जब कोई तरंग खुले समुद्र से बढकर उथले जल मे प्रवेश करती है तब उसमे उल्लेखनीय परिवर्तन हो जाते है। जहाँ जल इतना उथला होता है कि तरग की गति जल के नितल तक पहुँच जाती है तो तरग नितल को खीचने लगती है। उस समय तरंग का वेग और उसकी लम्बाई कम हो जाते है और उसकी ऊँचाई बढ जाती है। तब उसका शीर्ष **भग्नोर्मि** (surf—**समुद्र-झाग**) के रूप मे आगे को टूट पड़ता है। अतएव प्रबल पवन और उथले जल मे किसी तरग के कुछ जल की आगे को जाने वाली गति पर्याप्त स्पष्ट होती है। जिन तरगो मे स्पष्ट अग्रगामी गति होती है वे **स्थानान्तरण की तरंगें** (waves of translation) कहलाती है। तरग मे तट के विरुद्ध फेका गया जल पुन पीछे को दौड पडता है, और यह तट की ओर से उत्पन्न गति **अधोवाह** (undertow) कहलाती है। अधोवाह सबसे अधिक प्रपाती ढाल (steepest slope) के नीचे की ओर दौड पडता है, किन्तु अनेक दशाओ मे, आती हुई तरगो के कारण वह तिरछा हो जाता है। भीतर आने वाले प्रत्येक तरग-शीर्ष द्वारा भी उसकी गति रुक जाती है। जहाँ पर तरगे किसी तट से तिरछी होकर टकराती है, वहाँ जल न्यूनाधिक रूप मे तट के साथ-साथ बढता है और तट के साथ बढने वाली इन गतियो का सम्मिलित रूप **तटस्पर्शी अथवा समुद्रतटीय धाराओं** (shore or littoral current) को जन्म देता है।

तरगे, अधोवाह और तटीय धाराएँ सभी तट को प्रभावित करती है। तरगे कुछ स्थानो पर तट-रेखा का अपक्षरण करती है, और ये सभी गतियाँ कुछ स्थानो मे नितल का अपक्षरण करती है। अपक्षरण द्वारा प्राप्त समस्त तलछट कभी न कभी निक्षिप्त हो जाता है। जहाँ कही भी तटीय जल की गतियाँ अपक्षरण अथवा निक्षेपण करती है, वहाँ वे तट की बाहरी-रेखा (outline) को प्रभावित करती है और अनेक स्थितियो मे उसके ऊर्ध्वाधर-समाकृति (vertical configuration) को भी प्रभावित करती है।

तरगो मे गति की मात्रा नीचे की ओर शीघ्रता से घटती है और लगभग ३० मीटर (१०० फुट) से नीचे बिल्कुल नही रह जाती है। समुद्रो मे १० मीटर (३० फुट) से नीचे स्थित समुद्रीय रचनाएँ (submarine structures), जैसे प्रस्तम्भ (piers) आदि, पर इन गतियो का प्रभाव शायद ही कभी होता हो।

तरंगों के अपक्षरण कार्य (Erosive work of waves)—तरग की शक्ति प्राय जब वह तट मे टकराती है तब अधिक होती है। कभी-कभी भग्नोर्मि (surf) ३० मीटर (१०० फुट) से अधिक ऊँचाई तक फेक दी जाती है और उसमे इतनी अधिक शक्ति होती है कि वह प्रकाश-गृहो (light-houses) तक को नष्ट कर डालती है, और शैल-उत्प्रपातो (rock-cliffs) को काट सकती है। कहा जाता है कि स्काटलैण्ड के तट पर स्थित डनेट हैड (Dunnet Head) नाम के प्रकाश-गृह की खिडकियाँ

समुद्र तल से ९० मीटर (३०० फुट) होने पर भी अति प्रबल झंझा (gale) में टूट चुकी हैं। कुछ दशाओं में इस प्रकार के तूफानों में दरवाजों और खिड़कियों का स्फोट (bursting), भवनों के प्रतिकूल टकराने वाली भग्नोर्मि (surf) के पीछे लौट जाने पर, भवनों के भीतर की वायु के विस्तार के कारण ही ज्ञात होता है। ऐसा अनुमान किया गया है कि असाधारण तूफानों में ब्रिटेन के खुले हुए तट पर तरंगों की शक्ति प्रति १ वर्ग मीटर (वर्गफुट) पर ३ टन तक रही है और शीतऋतु की तरंगों की औसत शक्ति प्रति १ वर्ग मीटर पर लगभग १ टन है। ऐसी तरंगें टनों भारी शिलाखण्डों को हटा सकती है। अतः यह स्पष्ट है कि शक्तिशाली अपक्षरण के लिए तरंगों की शक्ति पर्याप्त होती है।

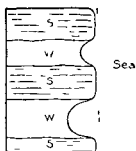



Fig 308
Diagram to illustrate the effect of wave erosion on rocks of unequal hardness Starting with a straight line indicated by the dotted line the erosion of the waves would develop some such outline as shown W weak rock and S resistant rock

यदि कोई सम तट-रेखा (regular coast line) असमान प्रतिरोधी शिलाओं (rocks of unequal resistance) की बनी होती, तो उसके सम बने रहने की सम्भावना नहीं होती, क्योंकि तरंगें अधिक निर्बल चट्टान को अधिक काट देतीं और अधिक मजबूत चट्टान को कम काटतीं। फल यह होता कि अधिक निर्बल शैल पर अन्तःप्रवेशी कोणों (reentrants) का विकास होता, जबकि अधिक मजबूत चट्टान समुद्र में स्थल के प्रक्षेपों (projections) के रूप में बच रहती (चित्र ३०८)। जहाँ तक कि तरंगों के अपक्षरण का सम्बन्ध है, तट की ये अनियमितताएँ तब तक बढ़ती ही जातीं जब तक कि अन्तःप्रवेशी (अन्दर की ओर प्रवेश करने वाले) भाग इतने गहरे न हो जाएँ कि उनमें आती हुई लहरों की शक्ति कम होकर अधिक निर्बल शैल (चट्टान) को उससे अधिक न काट सके जितना कि अधिक मजबूत तरंगें उनके बीच में प्रक्षेपित (उभरी हुई—projected) अधिक मजबूत शैल के खण्डों को काटती हैं। जब यह स्थिति आ जाती है तो तट रेखा का आकार, जहाँ तक कि तरंगों द्वारा अपक्षरण का प्रश्न है स्थायी बन जाता है। चूँकि तट रेखाएँ दोनों ही (निर्बल एवं मजबूत) प्रकार की चट्टानों से बनी हुई हैं, अतः इस प्रकार की विषमताएँ निरन्तर विकसित होती रहती हैं। ये विषमताएँ झील तटों की अपेक्षा समुद्र तटों पर अधिक बड़ी होती हैं क्योंकि समुद्रों की तरंगें झीलों की तरंगों की अपेक्षा पर्याप्त शक्तिशाली होती हैं।

जहाँ कोई तट अत्यधिक असमान होता है विशेषकर वहाँ जहाँ पर स्थल के प्रक्षेप समुद्र के भीतर रहते हैं वहाँ पर तरंगें स्थल के प्रक्षेपित भागों पर अन्तःप्रवेशी भागों की अपेक्षा, जैसे कि खाड़ियों के शीर्ष, अधिक बल के साथ आक्रमण करती हैं। यदि तट की विषमताएँ तरंगों के अपक्षरण के अतिरिक्त किसी अन्य शक्ति द्वारा

Fig 311
A high sea cliff, La Jolla, Cal

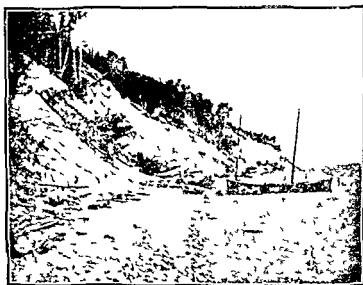



Fig 312
A high cliff with a beach, shore of Lake Michigan
(*U S Geological Survey*)

काय द्वारा ही प्रधान भूखण्ड से अलग हो गये है, इन्ही क्रियाओ के कारण ही बने है। इस प्रकार के द्वीप सम्भवत कालान्तर म उन्ही क्रियाओ द्वारा नष्ट भी हो जाएँगे जिनके कारण वे अस्तित्व म आये है।

तरगो का कटाव तट की समाकृतियो (configuration of the shores) का ऊर्ध्वाधर (vertical) तथा क्षैतिज (horizontal), दोनो ही रूपो म, प्रभावित करता है। जहा समुद्र स्थल की ओर बढ रहा होता है वहा प्रपाती ढाल, जिन्हे सागर-उत्प्रपात (sea cliffs) कहते है (चित्र ३०६ ३१३), विकसित होते है। सागर-

Fig 313
Steep cliffs developed by waves Allen Point, Grand Island, Lake Champlain (*Perry*)

उत्प्रपातो का ऊँचा अथवा नीचा होना उस स्थल की ऊँचाई पर निर्भर होता है जिसके भीतर तरगें काटती है। समुद्र-तटो पर उत्प्रपातो का होना सामान्य घटना है, जहा उनका अभाव है वहा तरगे तट को नही काटती है, और वहा समुद्र स्थल पर अग्रसर नही होता है, अथवा कम से कम अपने कटाव के कारण ही ऐसा नही होता है। तरगो की अपक्षरण क्रिया के साथ-साथ भू-स्खलन (slumping) के होने की भी सम्भावना रहती है।

साधारणतया सागर-उत्प्रपात (sea cliff) के चारों ओर एक **तरंगों द्वारा काटी गयी वेदिका** (wave cut terrace) होती है जो जल के तल के नीचे रहती है (चित्र ३०६)। साधारणत इस वेदिका का क्षेत्रफल उस क्षेत्रफल को प्रकट करता है जिसे समुद्र तरंगों के कटाव द्वारा स्थल से प्राप्त करता है।

तरंगों, तटीय धाराओं, आदि द्वारा निक्षेपण (Deposition by waves, shore currents, etc)—तटीय जल से उच्चता बढ़ती भी है और घटती भी है। तरंगों द्वारा स्थल से काटा गया पदार्थ, अथवा नदियों द्वारा लाया गया पदार्थ, अधोवाह (under tow) तटीय धाराओं द्वारा स्थानान्तरित होता रहता है, किन्तु अन्त में वह स्थिर हो जाता है। जब तक यह पदार्थ तटीय जल द्वारा स्थानान्तरित होता रहता है तब तक वह तट-वहन (shore drift) का निर्माण करता है, चाहे वह नदियों द्वारा लाया गया हो और चाहे तरंगों द्वारा काटा गया हो। यदि तट-वहन (shore drift) तट रेखा पर छोड़ा जाता है तो वह पुलिन (beach) का निर्माण करता है (चित्र ३१२, ३१४ और ३१५), जिसे कभी कभी उच्च और निम्न ज्वारों (tides) के बीच बालू, बजरी इत्यादि का क्षेत्र कहा जाता है।

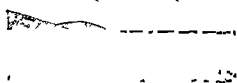



Fig 314
Cross section of a beach (*Gilbert*)

Fig 315

A lake beach (barrier), Griffins Bay, Lake Ontario, shutting in a small lagoon behind it

कुछ स्थानों में पुलिन में सतत बजरी और बालू के निक्षेप अधिक गहराई पर वहाँ पर बनते हैं जहाँ कि पदार्थ अधोवाह (under tow) एवं उन तटीय धाराओं द्वारा लाया जाता है जो तट रेखा से दूसरी ओर को मुड़ जाती है। कुछ स्थानों पर ढोयी जाने पर यह तरंगों द्वारा काटी गयी वेदिका (terrace) के बाहरी किनारे पर निक्षिप्त होता है (चित्र ३०६), और कुछ अन्य स्थानों में जहाँ तरंगों द्वारा काटी गयी वेदिका नहीं होती है, वहाँ यह तट के साथ साथ वेदिका के रूप में निक्षिप्त होता है (चित्र ३१६)।

Fig 316
A wave built terrace (*Gilbert, U S Geological Survey*)

कुछ स्थानों में तरंगें तट रेखा से थोड़ा बाहर हटकर **भित्तियाँ** (reefs) अथवा रुकावट डालने वाली भित्तियाँ (barriers) बनाती हैं। वे भग्नोर्मियों (breakers) की पंक्ति के समीप वहाँ पर विनिर्मित होती हैं जहाँ पर कि आती हुई तरंगें अपने साथ तट की ओर लाये गये मलबे के अधिक भाग को और भी अधिक आगे की ओर ढोने में असमर्थ हो जाती है। अधोवाह भी भित्ति का पदार्थ प्रदान कर सकता है। कुछ स्थानों में इस प्रकार की भित्तियाँ तट एवं एक दूसरे के समानान्तर होती हैं। रोधिकाएँ (bars), भित्तियाँ (reefs) इत्यादि समुद्री जहाजों की गतियों को भी रोक सकती हैं जैसे बन्दरगाहों के प्रवेश मार्ग जिनको इन्होंने बन्द कर दिया है। साधारणतया भित्तियाँ नावों के चलाने में बाधा डालती हैं। भित्ति के विकसित हो जाने के पश्चात्, तरंगें उसमें द्वीप का निर्माण जल के तल से ऊपर कर सकती हैं और इस प्रकार में उसे स्थल में परिवर्तित कर देती हैं (चित्र ३१७)। तटों के समानान्तर बलुई भूमि की अनेक नीची एवं संकीर्ण पटियाँ, जिनके पीछे की ओर दलदल और अनूप (lagoons) भरे पड़े हैं, इसी प्रकार से उद्भव की ज्ञात होती हैं। इस प्रकार की विषमता न्यूयार्क और टैक्सास के बीच विभिन्न स्थानों पर संयुक्त राज्य के तट द्वारा निर्दर्शित होती है (चित्र ३१८)।

तटवर्ती धाराएँ (littoral currents) तलछट को अपनी गति की दिशा में ले जाती हैं, किन्तु जहाँ कोई धारा किसी खाड़ी में पहुँचती है, वहाँ वह साधारणतया खाड़ी की रूपरेखा (outline) का अनुसरण नहीं करती है वरन वह उसके मुहाने (mouth) को पार करके उसी दिशा में बहने का प्रयत्न करती है जिस दिशा में वह पहले बह रही थी। इन परिस्थितियों में वह खाड़ी के आरपार बजरी और बालू का एक बाँध

Fig 317
Section of a barrier (*Gilbert U S Geological Survey*)

बनाने का प्रयास करती है। ऐसे बाधा (embarkments) को जिह्वा (spit) कहते हैं। धाराएँ जिह्वाओं को जल के ऊपर नहीं बनाती है, किन्तु तरंगें उनके ढालों से पदार्थ को बहाकर उनके शीर्ष के भागों तक ला सकती हैं और उस परिमाण की पूर्ति कर सकती हैं (चित्र ३१७)। इस प्रकार से स्थल भाग बन सकते हैं जिनके बाद उनके ऊपर टिब्बे (dunes) विकसित हो सकते हैं। जब जिह्वाएँ खाड़ियों को पार कर जाती हैं तब वे रोधिकाएँ (bars) बन जाती हैं (चित्र ३१९ और ३२०)। कुछ जिह्वाएँ और रोधिकाएँ अपने निर्माण काल में धाराओं के स्थानान्तरण (shifting) के फलस्वरूप अंकुशयुक्त (hooked—साकुश) बन जाती हैं (चित्र ३२१)।

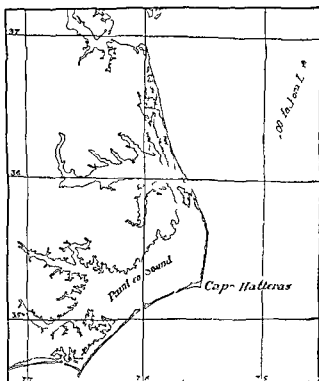



Fig 318
Map showing the early stages in the simplification of a shore line and showing that at this stage the irregularities are increased

जिह्वाएँ तथा अंकुश अपने बन्दरगाहों को निर्मित करते हैं, और इस प्रकार उन्होंने अनेकानेक बस्तियों और नगरों की स्थितियों को निर्धारित किया है। प्रोविंसटाउन (सं० रा०) (Provincetown U S) नाम का बन्दरगाह एक विशाल अंकुश से बना है जहाँ पर तीर्थयात्री पहले उतरे थे, और जिस बन्दरगाह के तटों पर अन्त में उन्होंने अपना निवासस्थान चुना, वह एक विशाल जिह्वा द्वारा निर्मित

है। पश्चिमवर्तियों में टर्गो की स्थिति एक अनुमान तट पर एक अनूप-निर्मित अन्तर-गाह द्वारा ही निश्चित हुई थी।

यदि तट-वहन (shore drift) मुख्य भूमि के साथ-साथ जमा होता है तो स्थल जल में स्थल का विस्तार होता है। जो तट रेखा निक्षेपण द्वारा विकसित होती है, वह अपरदन द्वारा विकसित किया तट-रेखा के विपरीत होता है क्योंकि प्रथम में समुद्री उभार नहीं होते हैं। भित्तियों तथा लिङ्गों से विकसित भूमि अस्थायी रूप में तट-रेखा की विषमता को अधिक बढ़ा सकता है (चित्र ३१८), किन्तु ये विषमताएँ वास्तव में समता के विकास में एक प्रारम्भिक स्तर की प्रतिनिधि होती हैं, क्योंकि भित्तियों के स्थल बन जाने के बाद, उनके पीछे के अनूपों (lagoons) का तलछट, जैव पदार्थ (organic matter) इत्यादि से भर जाने और स्थल में परिवर्तित हो जाने की सम्भावना रहती है (चित्र ३२२)। जो तलछट इस उद्देश्य की पूर्ति में सहायक होता है वह स्थल से धुलकर अथवा पवन द्वारा उड़ कर लाया जाता है। जब अनूप (lagoon) भर जाता है तो तट-रेखा पहले की अपेक्षा अधिक सम हो जाती है किन्तु भित्ति-स्थल के निर्माण का प्रथम प्रभाव तट को अधिक विषम बनाने का होता है।

तट-रेखाओं को सरल बनाने के लिए तटों के साथ-साथ निक्षेप की व्यवस्था अन्य प्रकार से भी देखी जाती है। कुछ स्थानों में मुख्य भूमि के तट के समीपवर्ती द्वीपों तथा स्थल मुख्य भूमि के बीच निक्षेप बनते हैं (पृष्ठ २२ और चित्र ३२३)। मैसाचुसेट्स (Massachusetts, U S A) के तट पर नाहन्ट द्वीप (Nahant Island) और स्पेन के तट पर जिब्राल्टर की शिला (Rock of Gibraltar) तरंगों एवं तटस्पर्शी धाराओं (shore currents) के निक्षेप द्वारा ही मुख्य भूमि से जुड़े हुए हैं। यद्यपि संयोजन की यह क्रिया मुख्य भूमि की रूप विशेष विषमता को उत्पन्न करती है, तथापि यह स्थल रेखा को स्पष्टता को इस अर्थ में सरल बना देता है कि यह द्वीपों को मुख्य स्थल से मिला देता है।

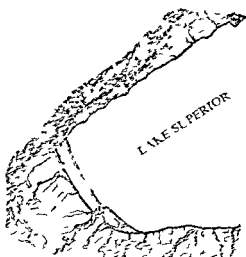



Fig 319
Map of the head of Lake Superior
(U S Geological Survey)

(२) नदियाँ (Rivers)—नदियाँ तटों पर अथवा तटों के समीप अपरदन एवं निक्षेपण करती हैं। नदियों के अपरदन का तट-रेखा की अन्तिम रूपाकृति (configuration) पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है, यद्यपि यह निचले स्थानों को

विकसित अवश्य कर देता है और इस प्रकार तट की ऊर्ध्वाधर समाकृति को प्रभावित करता है। नदिया यदि अकेली ही काय करें तो खाडिया अथवा स्थल के भीतर प्रक्षेपित जल की जय इसी प्रकार की आकृतिया उत्पन्न नही हो पाती है।

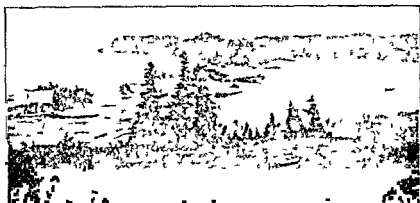



Fig 320
Bar joining Empire and Sleeping Bear bluffs, Lake Michigan
(Gilbert, U S Geological Survey)

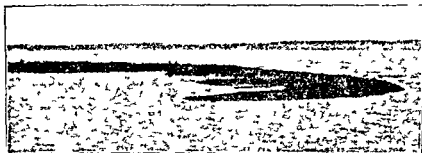



Fig 321
A recurved spit Dutch Point, Grand Traverse Bay, Lake Michigan *(U S Geological Survey)*

नदियो द्वारा तट पर लाये गये तलछट का निक्षेप स्थल की रूपरेखा का परिवर्तन करने म अधिक महत्वपूर्ण होता है। जहा झीलो अथवा समुद्रो म डेल्टा बनते हैं वहा ऐसा विशेष रूप से होता है। जैसे मिसीसिपी के निचले सिरे पर खाडी मे एक बडा डेल्टा बन गया है (चित्र १८५)। डेल्टा स्वय एक महान विषमता उत्पन्न करता है उसके साथ-साथ उसके किनारो पर छोटी छोटी विषमताएँ भी होती है। झीलो के डेल्टा भी पर्याप्त छोटे पैमाने पर उन्ही सामान्य आकृतियो को स्पष्ट करते है। डेल्टा के स्वरूपो का उल्लेख पहले ही (पृष्ठ १८०) पर किया जा चुका है। नदियो द्वारा विकसित डेल्टा भूमि सदैव नीची होती है। बाद मे होने वाले परिवर्तनो,

जैसे कि पटल विरूपण (diastrophism), द्वारा इसकी स्थिति में परिवर्तन हो सकता है।

(३) पवन (Winds)—तटों पर पवन का मुख्य प्रभाव यह होता है कि वह शुष्क बालू को इधर-उधर उड़ाती रहती है। जैसा कि हम पहले देख चुके हैं कि बालू का ढेर बड़े-बड़े टिब्बा (dunes) के रूप में हो सकता है, किन्तु पवन द्वारा बालू का स्थानान्तरण स्थल क्षेत्र की रूपरेखा (outline) को विशेष रूप में परिवर्तित नहीं करता है। पवन कुछ नीची रोधिकाओं (bars) तथा नीचे तटों पर बालू का

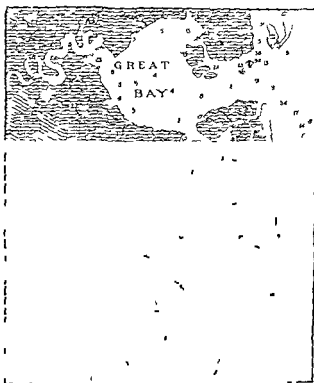



Fig 322

Sketch map of a part of the New Jersey coast The dotted belt at the east is the barrier modified by the wind The area marked by diagonal lines is the main land the intervening tract is marsh land The numbers show the depth of water in feet Scale ¼ inch = 1 mile

ढेर कर देता है और उनको पहले की अपेक्षा बहुत ऊँचा कर देता है यद्यपि इसमें तट-रेखा की स्थिति नहीं बदलती है। पट्ट ५ में एक ऐसा तट दिखाया गया है जहाँ पर भूमि प्रधानतः पवनोढ़ बालू (wind driven sand) द्वारा बनी हुई है। नाग हेड (Nag Head, N C) पर कहा जाता है कि दस वर्षों में पवन द्वारा निर्मित

Fig 323
Sheep Island, Penobscot Bay, Me , a small, land-tied island (*Bastin U S Geological Survey*)

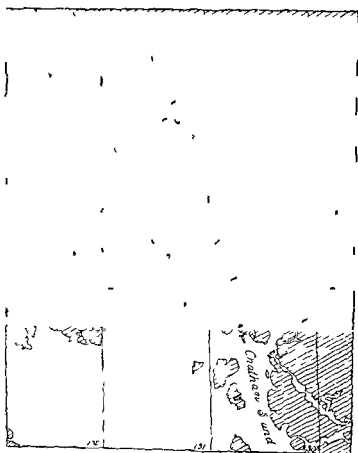



Fig 324
Alaska fiords (*C and G Survey*)

के परिणामस्वरूप स्थल भाग समुद्र के भीतर १०५ मीटर (३५० फुट) तक बढ़ गया है।

(४) **हिमनदियाँ** (Glaciers)—कुछ स्थानों में, जैसे कि ग्रीनलैण्ड और अलास्का, हिमनदियाँ समुद्र के तट तक उतर आती हैं। यदि उनकी हिम मोटी हुई तो कुछ स्थानों में समुद्र तल से नीचे गहराई तक भी हिमनदियाँ घाटियों को गहरा काट देती हैं।

जब वे हिमनदियाँ जिन्होंने इस प्रकार की घाटियाँ काट दी हैं पिघलती हैं तो घाटियों के निचले सिर समुद्र के जल से भर जाते हैं और इस प्रकार संकीर्ण खाड़ियाँ अथवा **प्रोद्दरियाँ** (fiords) बन जाती हैं।

नार्वे, अलास्का (चित्र ३२४), ग्रीनलैण्ड, दक्षिणी चिली तथा कुछ अन्य तटों की अनेक प्रोद्दरियों का यही स्पष्टीकरण अथवा इसी स्पष्टीकरण का एक भाग है।

जो हिमनदियाँ समुद्र में उतरती हैं वे अपने अपोढ (drift) को वहीं निक्षिप्त कर देती हैं जहाँ कि वे समाप्त होती हैं, किन्तु अपोढ का अधिकांश, शिथिल पदार्थ होने के कारण, शीघ्र ही तरंगों द्वारा बहा ले जाया जाता है, और सभी स्थानों में तट-रेखा की स्थायी विषमताओं को उत्पन्न नहीं करता है। झीलों में अपोढ-निर्मित स्थल तरंगों की अपेक्षा दुर्बल होने के कारण इतनी सरलता से बहाया नहीं जा सकता है।

(५) **तटीय हिम** (Shore ice)—यह एक अन्य कारक है जो तट की रेखाओं पर अपनी क्रियाएँ करता रहता है किन्तु उनकी रूपरेखा में अधिक परिवर्तन नहीं करता है।

विलुप्त झीलें
(Extinct Lakes)

अनेक पूर्ववर्ती झीलें विलुप्त हो चुकी हैं। विलुप्त झीलों की पहचान अनेक आकृतियों द्वारा होती है। यदि कोई झील द्रोणी अपनी द्रोणी के भर जाने के कारण

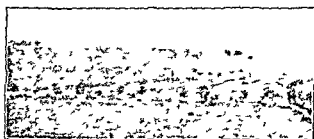



Fig 325
A part of the flat of Lake Agassiz, Moorhead, Minn (*Goode*)

विलुप्त होती है तो झील का पूर्ववर्ती क्षेत्र एक सपाट मैदान के रूप में दिखाई देता है (चित्र ३२५) जिसमें इस प्रकार के निक्षेप मिलते हैं जैसे कि झीलों में बनते हैं। तटों के समीप ये निक्षेप बजरी अथवा बालू के हो सकते हैं, किन्तु तटों से दूर के

निक्षिप्त पदार्थ पर्याप्त सूक्ष्म (महीन) होते हैं। ऐसा सपाट मैदान **सरोवरीय मैदान** (lacustrine plain) कहलाता है। ऐसे मैदान, मैदानों के प्रकारों में से एक छोटे प्रकार के होते हैं, और वे पर्वतों में, पठारों पर अथवा बड़े प्रकार के मैदानों पर स्थित हो सकते हैं।

यदि कोई झील अपने निष्क्रम (निकास—outlet) के निम्नीकरण (lowering) या वाष्पीकरण (evaporation) द्वारा विलुप्त हुई थी तो झील का पुराना तल कम सपाट होगा। यह सपाट होने के स्थान पर बहुत भिन्न भी हो सकता है।

कुछ विलुप्त झीलों के पूर्ववर्ती किनारे विभिन्न तटीय आकृतियों द्वारा पहचाने जा सकते हैं, जैसे कि डेल्टा, वेदिका, पुलिन आदि, वेदिकाओं के ऊपर, कम से कम कुछ स्थानों में, पुराने तटीय उत्प्रपात (shore cliffs) विशेषतः वहाँ मिलते हैं जहाँ कि झील बड़ी थी। बोनविले झील (Lake Bonneville) के पूर्ववर्ती किनारों की स्पष्ट तटीय आकृतियाँ दिखाई देती हैं। इनमें से कुछ **चित्र ३२६** में दिखायी गयी

Fig 326
Shore of former lake Bonneville Utah (*U S Geological Survey*)

हैं। इसका निचला ढाल, अपेक्षाकृत आधुनिक काल में, सीढ़ीदार अथवा वेदिकाओं से युक्त है। ये सीढ़ियाँ झील के किनारों के आसपास विकसित हुई थीं और वे ऊपरी ढाल से नितान्त भिन्न आकृति की हैं। उनकी यह आकृति बहते हुए जल द्वारा उस समय में विकसित हुई थी जबकि झील अपने अस्तित्व में थी, अथवा उससे भी पहले। वेदिकाओं की स्थलाकृति नवीन है तथा ऊपर के ढाल की स्थलाकृति अति प्राचीन है। ऊपर की प्राचीन स्थलाकृति के किसी ढाल और नीचे की नवीन स्थलाकृति के तल के मध्य का यह सम्पर्क **स्थलाकृतिक विसंगति** (topographic unconformity) कहा गया है। इस स्थिति में उपघाटियों और घाटियों के निचले सिरे

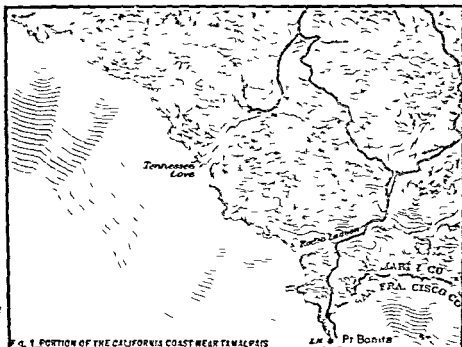



Fig 1—A coast line developed chiefly by wave erosion Scale 1-mile per inch Contour interval 20 feet (Tamalpais Cal Sheet U S Geol Surv)

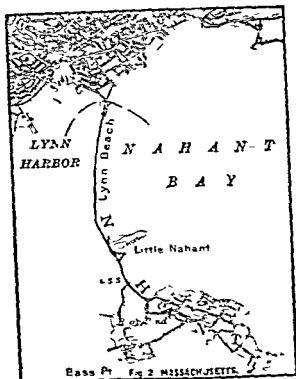



Fig 2—An island tied to the mainland by a beach The beach is really a bar in spite of the name popularly applied to it Scale 1— mile per inch Contour interval 20 feet (Boston Bay Mass Sheet U S Geol Surv)

झील के तट पर लाये गये निक्षेपों द्वारा भर गये और विलुप्त हो गये, क्योंकि झील का जल विभिन्न समयों पर विभिन्न स्तरों पर था।

झील बोनेविले के आसपास की आकृतियाँ कम स्पष्ट, किन्तु फिर भी, विशिष्ट तटीय आकृतियाँ, [illegible] नाम की विलुप्त झील तथा अनेक अन्य विलुप्त झीलों के किनारों को प्रकट करती हैं। अनेक विद्यमान झीलों के वर्तमान तटों से पर्याप्त ऊपर भी चारों ओर इस प्रकार की आकृतियाँ दिखाई देती हैं और इस प्रकार से झीलों के पूर्ववर्ती उच्चतर स्तरों को प्रकट करती हैं।

झीलों द्वारा विकसित समस्त तटीय आकृतियों के भविष्य में परिश्रमण (degradation) के कारकों द्वारा विनष्ट होने की आशंका है। विशाल द्रोणी (Great Basin, U S A) की शुष्कता ने बोनेविले और लाहोण्टान नाम की झीलों की तटीय आकृतियों के संरक्षण में अनुकूल सहायता प्रदान की है।

मानचित्र-कार्य—स्थलाकृतिक मानचित्रों की व्याख्या में अभ्यास १५ देखिए।

७

ज्वालामुखीय क्रिया

(VULCANISM)

ज्वालामुखी भूपटल के भीतर एक छिद्र (vent) होता है जिसमें होकर गरम शिलाएँ बाहर निकलती है। गरम शिलाएँ तरल लावा (liquid lava) के रूप म हो सकती है और बाहर की ओर बहकर आती है अथवा वे ठोस हो सकती है और

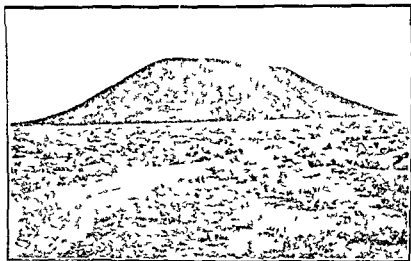



Fig 327

Typical cinder cone Clayton Valley Cal (*U S Geological Survey*)

खण्डो मे बाहर निकलने के लिए बलपूवक बाध्य की जाती है। यदि छिद्र एक लम्बी दरार या सध (fissure) के रूप म होता है तो सामान्यतया उसे ज्वालामुखी नही कहते है।

किसी ज्वालामुखी से जो शैल पदाथ बाहर आता है उसके टीला या शकुओ (cones) के रूप म बन जाने की सम्भावना रहती है (चित्र ३२७)। वे केवल टीले, पहाडी अथवा ऊँचे पवत भी हो सकते है। शकुओ का प्राय ज्वालामुखी कहा जाता है, यद्यपि वे वास्तव म ज्वालामुखी की क्रियाओ के ही परिणाम होते है। जिस ज्वालामुखी से लावा निकलता है उसका शकु नीची ढालो (low slopes) का बनता

है (चित्र ३२८)। जिस ज्वालामुखी से ठोस पदार्थ बाहर फेंका जाता है उसका शंकु अधिक प्रपाती ढाला का बनता है। अनेक ज्वालामुखी तप्त शैल (लावा) तथा

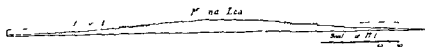



Fig 328
Profile of the cone of Mauna Loa Vertical scale same as horizontal (*U S Geological Survey*)

ठोस शैल, दोनों ही चीजों को उगलते हैं। ऐसी स्थिति में दोनों ही प्राय एक ही साथ निकल सकते हैं, या एक समय में लावा निकल सकता है और किसी दूसरे

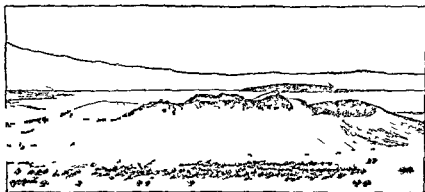



Fig 329
Panum crater Cal the crater partly occupied by a cone Lake Mono and Paona Island in the distance (*U S Geological Survey*)

अवसर पर ठोस शैल बाहर आ सकती है। गरम शैल के साथ साथ गैसों तथा जल-वाष्प की मात्राएँ जिसमें से कुछ जहरीली भी होती हैं बहने लगती हैं। जब तक

Fig 330
Sketch of the crater of the cinder cone near Lassen Peak Cal showing the peculiar feature of two rings The funnel is 75 metres deep (*U S Geological Survey*)

ज्वालामुखी सक्रिय रहता है तब तक उसके शंकु में प्राय एक गड्ढा रहता है जिसे विवर (crater) कहते हैं (चित्र ३२९ और ३३०)। विवर में एक अनाल

गहराई तक नीचे लावा के उद्गम स्थान तक एक मार्ग रहता है। विवरे अत्यधिक विभिन्न आकारों की होती है। उनमें से कुछ तो आरपार एक किलोमीटर से भी अधिक लम्बी होती है और कुछ एक किलोमीटर के केवल एक छोटे खण्ड के ही बराबर होती है। जब तक ज्वालामुखी सक्रिय रहता है तब तक लावा के उद्गम स्थानों तक जाने वाले मार्गों के परिमाण और आकृतियों को देखा नहीं जा सकता है, किन्तु वे निस्सन्देह परिमाण एवं आकृति और सम्भवतः लम्बाई में भी अति भिन्न होते हैं।

ज्वालामुखी के उद्गार दो बड़े प्रकार के होते हैं (१) **शान्त उद्गार** (the quiet type), और (२) **विस्फोटक उद्गार** (the explosive type)। शान्त उद्गार के समय द्रव (तरल या पिघला हुआ) लावा विवर में ऊपर आता है और या तो (अ) विवर की उत्पात भूमि (rim—किनारा) के ऊपर होकर बहता है, अथवा (आ) शंकु को तोड़कर उसके पार्श्वों के नीचे को बह जाता है। विस्फोटक उद्गार के समय पदार्थ भीतर से धड़ाके के साथ बाहर निकलते हैं। इस स्थिति में जब पदार्थ बाहर फेंका जाता है तब वह या तो द्रव, या ठोस हो सकता है, किन्तु पिघला हुआ लावा वायु में शीघ्रता से ठण्डा हो जाता है और शीघ्र ही ठोस भी हो जाता है। किसी ज्वालामुखी के निर्गम द्वारा प्रवाहित (blown out) तरल लावा की छोटी राशियाँ वायु के मध्य केवल कुछ क्षणों की यात्रा के पश्चात जब पृथ्वी पर गिरती हैं तभी वे ठोस हो जाती हैं। कुछ ज्वालामुखी किसी समय शान्त उद्गार और किसी अन्य अवसर पर विस्फोटक उद्गार प्रकट करते हैं, और कुछ में लावा के प्रवाह के साथ साथ सदैव ही विस्फोटक प्रचण्डता की कुछ मात्रा रहती है।

कुछ सक्रिय ज्वालामुखियों के निम्न वर्णन से ज्वालामुखीय क्रिया की अनेक विशेषताओं का ज्ञान हो जायगा।

सक्रिय ज्वालामुखियों के उदाहरण
(Examples of Active Volcanoes)

स्ट्राम्बोली (Stromboli)—इस ज्वालामुखी का शंकु सिसिली के उत्तर में, रूमसागर में, ७ या ८ किलोमीटर (४ या ५ मील) व्यास वाला एक द्वीप है। शंकु सागर के नितल से ऊपर को बना हुआ है और लगभग १½ किलोमीटर (एक मील) ऊँचा है। इसके आधे से केवल थोड़ा अधिक भाग जल में ऊपर को निकला हुआ है। पर्वत के पार्श्व में इसके शीर्ष के लगभग ३०० मीटर (१,००० फुट) नीचे, एक दरार (opening) है जिसमें से निरन्तर भाप निकलती रहती है। दूर से स्थान पर सघनित (condensed) जलवाष्प धुएँ के समान दिखाई देती है।

कभी कभी उपर्युक्त दरार (opening) अथवा विवर तक चढ़ना और उसके भीतर को देखना सम्भव होता है। तब विवर का फर्श कठोर लावा से निर्मित काली शिलाओं का बना दिखाई देता है। फर्श में दरारें होती हैं और उनमें की कुछ दरारों में से भाप उसी भाँति फुकार कर बाहर आती है जैसे किसी इंजन में। अन्य दरारों में लावा खौलता हुआ देखा जा सकता है। इसमें ठीक उसी प्रकार से बुदबुदे बनते और फटते हैं जैसे खौलते हुए दलिया के पात्र में बुदबुदे बनते

आग फटते हैं। जब वे फूटते हैं तो लावा के टुकड़े, जिनमें बुदबुद भरे होते हैं, वायु में पचासों मीटर ऊपर तक उछाल दिये जाते हैं और फिर वे शंकु के ढालों पर गिर पड़ते हैं और शंकु के विस्तार में वृद्धि करते हैं। रात्रि में विवर के फर्श की दरारों में दहकता हुआ लावा उन बादलों को प्रकाशपूर्ण बना देता है जो पर्वत के ऊपर मँडराते रहते हैं। इस कारण स्ट्राम्बोली को 'रूम सागर का प्रकाशगृह' (Light house of the Mediterranean) कहा जाता है।

कभी-कभी तो स्ट्राम्बोली के उद्गार इतने प्रचण्ड होते हैं कि निकलती हुई भाप की गर्जना कई किलोमीटरों की दूरी तक सुनी जा सकती है और उसमें से निकलने वाला पदार्थ इतना ऊँचा एवं इतनी दूर तक उछलता है कि वह केवल सम्पूर्ण पर्वत पर ही नहीं बिखरता है वरन् समीप के समुद्र में भी फैल जाता है। स्ट्राम्बोली एक ऐसे ज्वालामुखी का उदाहरण है जो वर्तमान समय में निरन्तर सक्रिय है। स्ट्राम्बोली उन अनेक ज्वालामुखियों में से एक है जो रूमसागर के इस भाग में कभी विद्यमान रहे हैं। उनमें से एटना नाम का ज्वालामुखी अब भी सक्रिय है, परन्तु अन्य या तो प्रसुप्त (dormant) अथवा मृत (extinct) हैं।

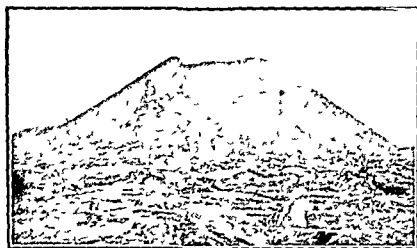



Fig 331
Cinder cone forming the summit of Mt Vesuvius

विसुवियस (Vesuvius) —सम्भवतः यह ज्वालामुखी सर्वाधिक प्रसिद्ध ज्वालामुखी है। इसका शंकु लगभग १२०० मीटर (४,००० फुट) ऊँचा एक पर्वत है जो नेपल्स की खाड़ी (इटली) के तट पर इसी नाम के नगर से प्राय १६ किलोमीटर (१० मील) दूर पर स्थित है। इस ज्वालामुखी का वर्तमान शंकु (चित्र ३३१) एक अधिक प्राचीन एवं अत्यधिक विशाल विवर की उस उत्थित भूमि (rim) के मध्य स्थित है जो लगभग आधी नष्ट हो चुकी है।

सन् ७९ से पूर्व, जहाँ तक कि उस समय ज्ञान था, विसूवियस केवल एक शंक्वाकार पर्वत था जिसके शिखर में एक गहरा विवर था जिसका व्यास ५ किलोमीटर (३ मील) था। उसके ढाल, तथा विवर का नितल भी, वनस्पति से ढके हुए थे। उस वर्ष एक विनाशकारी विस्फोट हुआ जिसने प्राचीन विवर की उत्पान्त भूमि (rim) के आधे भाग को उड़ा दिया। उड़ायी गयी शिला का अधिक भाग इतने छोटे टुकड़ों में टूट गया कि उनसे धूल (dust) (जिसे प्रायः ज्वालामुखी की राख कहते हैं) बन गयी और जब वह धूल समीप के प्रदेश पर गिरी तो उसने केवल पौधों को ही नहीं वरन नगरों को भी ढक दिया और नष्ट कर दिया। लगभग २०,००० की जनसंख्या वाला पाम्पीआई (Pompeii) नगर इस प्रकार ढक गया कि स्थान-स्थान पर ८ से १० मीटर (२५ से ३० फुट) तक माटी धूल की तह जमा हो गयी और उसके लगभग २,००० निवासी मारे गये। इस विस्फोट में लावा की सरिताएँ नहीं बही थीं। विस्फोट के साथ-साथ अथवा उसके बाद मूसलाधार वर्षा हुई थी। वर्षा के जल ने ज्वालामुखी की धूल पर गिरकर गरम कीचड़ की विनाशकारी सरिताओं को उत्पन्न कर दिया था। हरकुलेनियम (Herculaneum) नाम का स्थान इसी प्रकार की एक सरिता द्वारा डूब गया था। उस सरिता की अधिकतम गहराई सम्भवतः २० मीटर (६० फुट) थी। विसूवियस का आधुनिक शंकु इस विस्फोट के पश्चात अधिक प्राचीन शंकु के उत्पान्तों (rims) के खण्डहरों के भीतर बनाया गया है।

सन ७९ के विस्फोट के पश्चात विसूवियस में कुछ अन्य भीषण विस्फोट हुए हैं जिनके बीच-बीच में यह शान्त रहा है या इसकी क्रिया साधारण रही है। सन १६३१ का विस्फोट विशेष रूप से भीषण था जिसमें १८,००० जीवन नष्ट हुए थे। वाष्प और ज्वालामुखी धूल के निकलने के पश्चात लावा बह निकला था जिसका कुछ भाग समुद्र तक पहुँच गया था। अन्य प्रसिद्ध विस्फोट सन १७६७, १७९४, १८२२ और १८७२ में हुए थे। सन् १८७२ के प्रमुख विस्फोट से पूर्व कई महीनों तक मन्द क्रिया चलती रही थी जिसमें वाष्प और शैल पदार्थ के सूक्ष्म खण्ड (महीन-महीन टुकड़े) विवर (crater) से निकले थे और पर्वत के पार्श्वों (sides) पर दरारों से लावा की धारें निकली थीं। क्रिया की भीषणता धीरे-धीरे बढ़ती गयी और अन्त में अप्रैल में विस्फोट चरम सीमा पर पहुँच गया। शंकु के पार्श्वों पर दो विशाल तथा अनेक छोटी *सन्धियाँ* (*fissures*—विदर) खुल गयीं और उनमें से होकर लावा की विशाल सरिताएँ समीपवर्ती घाटियों में बह निकलीं जिससे दो गाँव डूब गये। उसी समय दो बड़े मार्ग शीर्ष पर भी बन गये जिनमें से होकर वाष्प एवं धूल की विशाल मात्राएँ तथा पिघली हुई (molten) चट्टानों के गोले के समान पुंज (masses) वायु में १,२०० मीटर (४,००० फुट) या इससे भी अधिक ऊँचाई तक उछाले गये थे, जिनकी ध्वनि अनेक किलोमीटरों तक सुनाई पड़ी थी। रात्रि के समय में पर्वत के ऊपर लटके हुए बादल विवर में दहकते हुए लावा के कारण तीव्र प्रकाश से जगमगा उठे थे। सम्पूर्ण

थी। उसम स जो भाप निकलती थी वह शीघ्र ही ऊपर उठने समय शीतल होकर बादल क रूप मे सघनित हो जाती थी, इसी कारण पवत के ऊपर बादल छाय थे।

विवर की उत्पान्त भूमि (rim—घेरे) से यह स्पष्ट था कि जो विस्फोट लावा को उडाते थे वे ही कोलाहल एव कम्पन के कारण थे। रात्रि म विवर के निनल मे पपडी रहित मार्गो (openings) के दहकते हुए लावा ऊपर के बादलो को प्रकाशित करते थे, विशेषत विस्फोट के समय जबकि उष्ण लावा अधिक गहराइया से निकलता था तब प्रकाश तीव्रतम होता था।

सन् १९०६ के बसन्त म विसूवियस पुन विध्वसात्मक रूप से सक्रिय हो गया था, जब धूल की विशाल मात्राएँ और लावा का प्रवाह निकला था जिससे सम्पत्ति का अधिक नाश एव जन हानि हुई थी।

प्रोफेसर जगार (Prof Jaggar) न अप्रैल क अन्त म स्थिति का वणन निम्न प्रकार स किया ह

"सन १८७२ और १८९८ क लावा क्षत्र १२ या १५ सेण्टीमीटर रेत और धूल क नीचे दब पाय गय थ, और वे एक भारी आवरण बना रहे थे, किन्तु आवरण इतना पर्याप्त न था कि वह नीच की मैलपूण कुरूपता (slaggy contortions) को पूणतया छिपा सक। दोपहर के बाद विसूवियस का सम्पूण शकु बादलो से रहित होकर साफ हो गया और उस समय वह स्वच्छ भूरे रग की सीधी रेत की खिसलना (sand-slides) द्वारा ढका था, जो कभी कभी नीचे का खिसक पडती थी जैसा कि बलुआ टिब्बा (sand dune) के अधिक प्रपाती ढालो पर होता है। विवर मे शुद्ध उज्ज्वल वाष्प ऊपर को धीर धीर उबल रही थी। एक बार वह विवर के तट पर त्रिज्या रूप म (radially) फट पडी और तट पर एक मण्डल (ring—गोला) बन गया जिसक भीतर और ऊपर कपासी बादल (cumulus cloud) का एक गुम्बज था, और इसके अतिरिक्त एक अन्य और भी ऊँचा बाहरी गोला (outer ring) एक अधिक पुरान वर्षा करने वाल बादल स बना था जिसम अनक छेद थ, और वह ऊपर उठन के लिए उन्मुख हो चुका था। इसके फलस्वरूप पवत के मस्तक पर एक टोप सा दिखाई पडता था। रात्रि म शकु स्वच्छ एव सवथा प्रकाश रहित था।"

शीष म देखन पर विवर वाष्प आदि से इतना भरा हुआ था कि भीतर कुछ भी दिखाई नही पडता था, किन्तु कभी कभी हम ३५ या कुछ अधिक अशो का एक ढाल भीतर की ओर देख सके जो गरम बालू एव टूट शैल के खण्डो से ढका हुआ था, जो लगभग ३६ मीटर (१२० फुट) (ऊर्ध्वाधर रूप म) नीचे बाहर निकले हुए उत्तटो (jutting ledges—उठाव) द्वारा समाप्त होता था और वे उत्तट (ledges) खडे ढाल क समान ज्ञात होते थे। उसके बाद वाष्प एव गन्धकीय ऊष्मा (sulphurous heat) तथा अन्धकार थे। उत्तट स्थान-स्थान म धुआ छोड रहे थे। पवन की तीव्र सनसनाहट स ऊपर कोई ध्वनि सुनाई नही पडती थी। विवर तट की वक्रता अधिरदनो (embayments—प्रवेश के अवरोधको) द्वारा विषम हो गयी थी और वह ऊँचाई मे अधिक विषमता प्रकट कर रही थी। हम ज्वाल कुण्ड के

दूसरे पार्श्व को नहीं देख सके, किन्तु वस्तुत: मे यह अनुमान किया गया कि विवर का व्यास लगभग ४०० मीटर से ८०० मीटर (चौथाई मील से आधे मील) से किसी भी प्रकार कम नहीं हो सकता था—यह व्यास विसूवियस के लिए असाधारण रूप से बड़ा था।"

Fig 332
The Cauliflower cloud above Vesuvius April 7 1906
(Jaggar Nat Geog Mag)

उपर्युक्त उद्गार के इतिहास का सारांश उसी लेखक द्वारा निम्न प्रकार से दिया गया है

सन १९०५ की मई में शंकु के उत्तरी पश्चिमी पार्श्व में एक दरार से लावा प्रवाहित हुआ और वर्षपर्यन्त सक्रिय बना रहा। इसका प्रवाह उस समय बन्द हो गया जबकि वर्तमान उद्गार के कारण शंकु के दक्षिणी पार्श्व में एक नवीन छेद (vent) खुल गया। ४ अप्रैल १९०६ को विवर से एक भयानक काला ज्वालामुखी उद्गार मेघ (cauliflower cloud) उठा। अप्रैल ४, ५, ६ और ७ को उपर्युक्त दक्षिणी भ्रंश (rift) के साथ साथ पहले शीर्ष से १५० मीटर (५०० फुट) नीचे फिर ३६० मीटर (१२०० फुट) उससे नीचे और अन्त में २०० मीटर (६०० फुट) और भी नीचे लावा-मुख खुल गये जो सभी उसी त्रिज्या (radial line) में थे। सब से नीचा मुख पवन के आधे भाग से अधिक नीचे था और इसी विवर से विध्वंसकारी धाराएँ निकली। इस बात का ध्यान रखना चाहिए कि ये प्रवाह लावा की बाढ़ नहीं है जो पवन के समस्त ढाल को ढक लेती है, वरन् अपेक्षाकृत ये संकीर्ण, सर्प के आकार के चुआव (trickles) है, फिर भी जब वे किसी घन बसे हुए नगर के मध्य

में अपना मार्ग बनाते हैं तो घातक होते है। पिघली हुई चट्टानें ऊपर से पपड़ी पड़ी हुई और दरारों से युक्त अपने सामने छिद्रायुक्त गोलाश्मों (porous bowlders) को लुढ़काती है।

"अप्रैल ७, शाम ८ बजे, धूल से लदी हुई (dust laden) भाप का एक स्तम्भ (column) विवर से ऊपर १३ किलोमीटर (८ मील) की ऊँचाई पर उछल पड़ा। बिजली की निरन्तर चमक से मेघ थरथरा उठते थे। नवीन लावा मुख खुल गये और प्रवाह मार्ग में बास्कोट्रिकेस (Boscotrecase) के भागों को कुचलता, जलाता

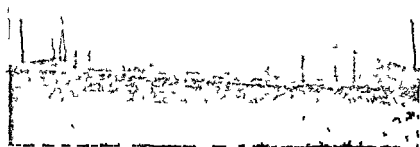



Fig 333
Vesuvius in 1906 (*Hobbs*)

तथा निगलता हुआ आगे को बढ़ चला। धारा शाखाओं में बँट गयी जिससे नगर के कुछ भाग सुरक्षित बच गये। इसी समय ज्वालामुखी के दूसरे प्रतिपक्षी (opposite) पार्श्व पर स्थित ओताजानो (Ottajano) के ऊपर राख की धाराएँ गिरी और उनके छतें गिर गयीं एवं जीवन नष्ट हो गये। वेधशाला (observatory) में डा० मातुची (Dr Matteuci) और उनके साथी पीछे हटने को बाध्य हो गये, क्योंकि वेधशाला बुरी तरह से हिल रही थी और भारी-भारी पत्थर गिर रहे थे

"बास्कोट्रिकेस लावा से पूर्ण रूप से नष्ट हो गया ओताजानो गिरती हुई बजरी से नष्ट हुआ। बास्कोट्रिकेस दो स्थानों में बावा समान लावा धारा (clinkery lava stream) द्वारा ऊपर की ओर टूटा हुआ (traversed) है और कुछ स्थितियों में भवन शाब्दिक अर्थ में दो भागों में कट गये थे। लावा की धारा पर्वत के एक पार्श्व प्रक्षेप (spur) के आसपास कई शाखाओं में बँट गयी थी और उच्चतर भूमि को उसके अंगूर के बागों सहित अछूता छोड़ दिया था। नगर के सहित नीची भूमि पर भी आक्रमण हुआ था। इटली के गृह निर्माण में इतनी कम लकड़ी का प्रयोग होता है कि नगर का वह भाग जो अछूता बच गया, तनिक भी नहीं

जाता था। ओत्ताजानो में छतें बालू और बजरी के भार से नीचे बैठ गयीं। छतें अधिकांशत: सपाट थीं अथवा तनिक ढलवाँ खपरैल की बनी थीं। मकानों के ऊपर राख एवं ज्वालामुखीय शिलाखण्ड (lapilli) लगभग एक मीटर की गहराई तक जम गये थे। अनेक दशाओं में छतों के साथ-साथ दीवारें भी गिर गयीं थीं, किन्तु कोई महत्त्वपूर्ण भूकम्प नहीं आया। अग्नि, विध्वंसकारी बिजली और प्रबल पवन उत्पन्न नहीं हुए। जो व्यक्ति मरे थे वे सब अपने मकानों में पाये गये जहाँ मृत्यु का एकमात्र कारण खण्डहरों के नीचे दब जाना था।"

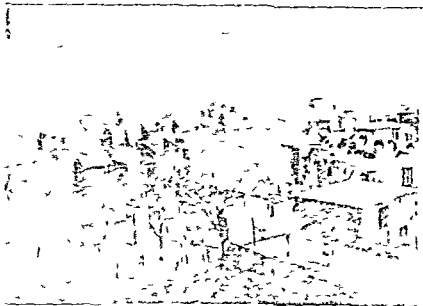



Fig 334
The ruins of Ottajano The roofs have fallen in under the load of ashes

स्ट्राम्बोली के समान विसुवियस भी इस प्रदेश में स्थित है जहाँ पर अन्य ज्वालामुखी भी रहे हैं जिनमें से कुछ ऐतिहासिक काल के भीतर सक्रिय रहे हैं।

क्रेकेतोआ (Krakatoa)—जिन ज्वालामुखी उद्गारों का ऐतिहासिक विवरण प्राप्त है उन प्रचण्डतम एवं विनाशकारी विस्फोटों में से एक विस्फोट क्रेकेतोआ में सन् १८८३ में हुआ था। क्रेकेतोआ सुमात्रा और जावा के मध्य, सुण्डा (Sunda) नामक जल-संयोजक (strait) में एक ज्वालामुखीय द्वीप है।

इस उद्गार से पहले द्वीप कुछ वर्षों तक भूकम्पों एवं छोटे विस्फोटों से हिल चुका था। २७ अगस्त को प्रातःकाल भयानक विस्फोटों का एक क्रम आरम्भ हो गया, जिनकी ध्वनि ,५०० किलोमीटर (२,२०० मील) दूर दक्षिणी आस्ट्रेलिया में

सुनाई पड़ी थी। द्वीप का लगभग दो तिहाई भाग उड़ गया (चित्र ३३५), और पहले जहां पर पर्वत का मध्य भाग स्थित था वहां अब ३०० मीटर (१,००० फुट)

Fig 335

Krakatoa after the eruption *A* as seen from the southwest, and *B* from the north (*Rept of the Roy Soc*)

गहरा समुद्र है। विशाल सागर-तरंगें उत्पन्न हुई थीं जो पृथ्वी के आधे भाग तक चारों ओर पहुँच गयी थीं। समीपवर्ती द्वीपों के तटों पर १५ मीटर (५० फुट) तक जल ऊँचा उठ गया जिससे बड़ा विनाश हुआ था। अधिकांशतः डूब जाने से ३६,००० से अधिक व्यक्तियों की जानें गयीं और २९५ गांव पूर्णतः या अंशतः नष्ट हो गये। धूल के बादलों के कारण द्वीप तथा समीपवर्ती तटों के ऊपर का आकाश रात्रि के समान काला पड़ गया था। यह अनुमान किया गया था कि वाष्प एवं धूल वायु में २७ से ३६ किलोमीटर (१७ से २३ मील) तक की ऊँचाई तक उछाले गये थे। विस्फोट के कारण विशाल वायु-तरंगें उत्पन्न हो गयीं जो पृथ्वी के चारों ओर तीन या तीन से अधिक बार चक्कर काट आयीं। संसार के सभी भागों में वायुदाब मापी यन्त्रों (barometers) द्वारा इनके मार्ग का लेखा (record) किया गया। इस उद्गार से निकली हुई धूल का वर्णन पहले किया जा चुका है।

क्रेकेतोआ के केंद्र से १६ से ३२ किलोमीटर (१० से २० मील) के घेरे में विवर के बाहर समुद्र का नितल विस्फोट में बाहर फेंके गये पदार्थ के कारण ३ से ८ मीटर (१० से १२ फुट) ऊँचा उठ गया। पश्चिम की ओर एक पंक्ति के साथ नितल के नीचे धँस जाने से जल की गहराई बढ़ गयी।

इस भयानक विस्फोट का कारण सम्भवतः वही था जैसा कि स्ट्राम्बोली के साधारण विस्फोटों का था, अर्थात् अत्यधिक ऊष्ण वाष्प का आकस्मिक निकास (escape) अथवा विस्फोट।

इस ज्वालामुखी के अनुमानित इतिहास का कुछ निरूपण चित्र ३३६ द्वारा किया गया है, जिसमें ज्वालामुखी शंकुओं में होने वाले परिवर्तनों का आभास मिलता है। चित्र के नीचे दी हुई व्याख्या उसका स्पष्टीकरण करती है।

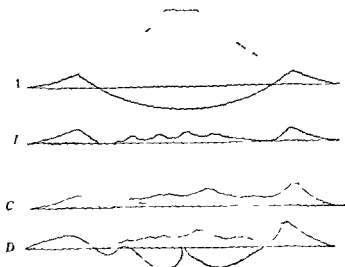



Fig 336

A Probable outline of the great crater ring of the Krakatoa *volcano* after the ancient paroxysmal outbursts The dotted line indicates the mass which was blown away

B Probable outline of the Krakatoa volcano after the great crater indicated by the dotted line had been filled up by growth of numerous small cones within

C Form of Krakatoa in historical time after the formation of the great lateral cone of Rakata and the growth of other cones within the great crater

D Outline of the crater of Krakatoa as it is now The dotted lines indicate the parts blown away by the outburst of 1883 and the change in form of the flarks by the fall of ejected matter

(*Rept of the Roy Soc*)

माण्ट पली और साउफ्रियरे (Mont Pelee and Soufriere)—माण्ट पली का ज्वालामुखी मारटिनिक (Martinique) द्वीप पर स्थित है (चित्र ३३९), जो कैरीबियन सागर के पूर्वी छोर पर छोटे एण्टीलीज (Antilles) में से एक है। दक्षिण को छोड़कर इसका तट सभी ओर समुद्र में प्रपाती ढालों द्वारा उभरता है। दक्षिण की ओर को इसकी सीमा एक मैदान द्वारा बनती है जिस पर सन १९०२ के विस्फोट से पहले सेण्ट पीयरी (St Pierre) नगर स्थित था, और उसकी

Fig 337
Krakatoa Island and surroundings before the eruption of 1883 The numbers indicate the depths of the water in fathoms

जनसंख्या लगभग २६,००० थी। पेली का विवर (crater) व्यास में लगभग ४/५ किलोमीटर (½ मील) और उसके चारों ओर के विवर की उत्थान्त भूमि (crater rim) के उच्चतम भाग से ६०० मीटर (२००० फुट) नीचे थी। यह उत्थान्त भूमि दक्षिण-पश्चिम की ओर एक गहरे गड्ड (gash) द्वारा खण्डित थी जिसमें होकर एक धारा बहती थी। विवर में पहले एक झील थी किन्तु कहा जाता है कि लगभग आधी शताब्दी से वह शुष्क हो गयी थी।

सन् १९०२ के उद्गार से पहले ऐतिहासिक काल में, पेली में साधारण सक्रियता के दो अवसर १७९२ और १८५१ में आये थे। इनमें से कोई भी जीवन को नष्ट करने वाला नहीं था। सन् १८५१ से १९०२ तक ज्वालामुखी प्रसुप्त (slumbered) रहा। १९०२ के अप्रैल के अन्तिम भाग में क्रिया का आरम्भ पुनः इस प्रकार हुआ—(१) वाष्प, जल-वाष्प तथा राख का निकास (discharge) द्वारा जिनमें से कुछ पर्वत के शिखर से ३६० मीटर (१२०० फुट) की ऊँचाई तक फेंके गये थे और (२) प्राचीन विवर की द्रोणी (basin) में तीन निकास मार्गों के खुल जाने से। २५ अप्रैल तक गन्धकयुक्त जल-वाष्प (sulphurous vapours) इतनी अधिक बढ़ गयी कि सेण्ट पीयरी की गलियों में घोड़े मर कर गिर गये और कुछ समय पश्चात् सड़कों का आवागमन ज्वालामुखी की धूल अथवा राख से रुक गया। ५ मई को विवर की द्रोणी में जो कीचड़ एकत्र हो गया था, वह फूट पड़ा और घाटी से नीचे की ओर बहने लगा तथा मार्ग में एक कारखाने तथा अनेक जीवनों को नष्ट करता हुआ निकल गया। क्रिया की इन प्रारम्भिक अवस्थाओं में अनेक भूकम्प उठे और मार्टिनिक से आने-जाने वाले समस्त समुद्री तार टूट गये।

Fig 338
Krakatoa Island and surroundings after the eruption of 1883 The numbers indicate the depths of the water in fathoms

तोप की गड़गड़ाहट के समान आवाज़ ४८० किलोमीटर (३०० मील) दूर तक सुने गये।

८ मई को ज्वालामुखी की सक्रियता (activity) अपनी चरम सीमा तक पहुँच गया। उस दिन एक भारी काला बादल विवर को उपान्त भूमि में स्थित खड्ड में होकर नीचे की ओर दक्षिण-पश्चिम के मैदान पर उतर पड़ा और दो मिनट पश्चात् वह ८ किलोमीटर (५ मील) दूर सेण्ट पायरी नगर से जा टकराया। नगर तुरन्त ही नष्ट भ्रष्ट हो गया। भवन ध्वस्त हो गये, मूर्तियाँ अपने सिंहासनों (pedestals—पाद-पीठों) से गिर गयीं, और वृक्ष उखड़ गये। जैसे ही बादल सेण्ट पायरी पहुँचा वैसे ही बड़ा विस्फोट सुनाई दिया और नगर ज्वाला में भभक उठा। आग लगने का कारण या तो गैसों की गर्मी थी अथवा गैसों द्वारा ढोये जाने वाले लाल उष्ण (red hot) शिला कण थे। कुछ क्षणों के पश्चात् वर्षा होने लगी तथा पत्थरों की प्रलय सी आ गयी जिसने विनाश को और भी अधिक बढ़ा दिया। अति अल्प अपवादों के अतिरिक्त सम्पूर्ण जनसंख्या, जो समीपवर्ती प्रदेश से भागकर आये हुए शरणार्थियों के कारण बढ़कर प्राय ३०,००० हो गयी थी इस प्रलय में नष्ट हो गया।

Fig 339
Sketch map of Martinique
(*Nat Geog Mag*)

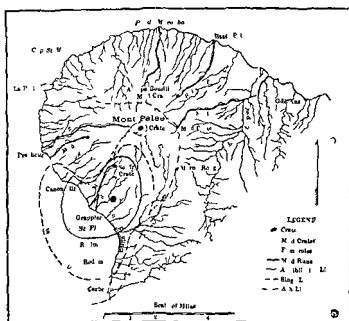



Fig 340
Map of that part of Martinique devastated by the volcanic outburst of 1902 (*Hill Nat Geog Mag*)

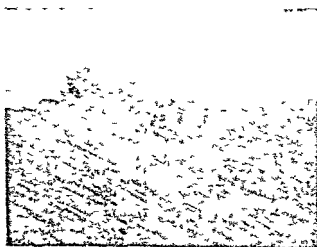



Fig 341
Outside of southern rim of crater of Pelee The serrate edge is due to landslides
(*Hovey Am Mus Nat Hist*)

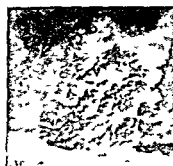



Fig 342

Successive stages of the dust cloud of the eruption of Mt Pelee December 16 1902 (*La Croix*)

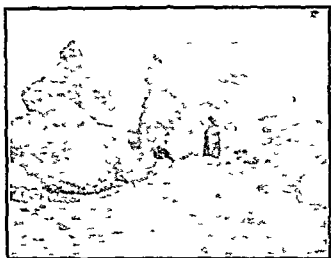



Fig 343
Great rocks thrown out by the eruption of August 30 1902 (*Hovey Am Mus Nat Hist*)

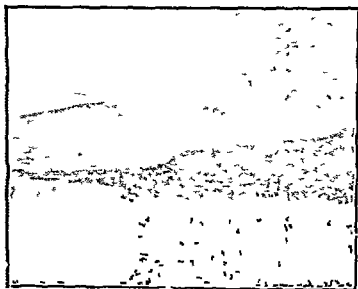



Fig 344
St Pierre after the eruption of Mt Pelee which is seen in the distance (*Hovey, Am Mus Nat Hist*)

अन्य उद्गार मई २०, २६, जून ६, जुलाई ९ तथा अगस्त ३० को हुए। इनमें से प्रथम उद्गार, विशेषता एवं प्रचण्डता में, ८ मई वाले उद्गार के समान था और उसने नगर के उन भागों को जो प्रथम उद्गार में बच गए थे, नष्ट कर दिया। ३० अगस्त के उद्गार ने पहले के उद्गार से कुछ भिन्न मार्ग अपनाया था और सेण्ट पीयरी के निकट के अनेक गावों को नष्ट कर दिया, और इस प्रकार नर-संहार की सूची में प्राय २,००० की वृद्धि कर दी। वाष्प एवं राख के बादल १० या ११ किलोमीटर (६ से ७ मील) की ऊँचाई तक फेंके गये थे।

Fig 345
Spire of Mt Pelee The spire rose about 363 metres (1210 feet) above the crater rim
(*Hovey Am Mus Nat Hist*)

मॉण्ट पीली का विशाल विवर अब खण्डित पदार्थ एवं कुछ लावा के शंकु द्वारा घिरा पड़ा है। शंकु विवर की उपान्त भूमि से ऊँचा उठा हुआ है और कुछ समय तक वह एक शिखर में समाप्त हुआ था जो उसके विवर से सैकड़ों मीटर ऊपर उठा हुआ था। शंकु में विद्यमान शिखर ठोस चट्टान का था और उसके विषय में विश्वास किया जाता था कि वह लावा प्रवाह निकास का एक काग की भाँति बन्द किए था और नीचे की फैली हुई शक्तियों द्वारा ऊपर को धकेल दिया गया था। शिखर शीघ्र ही ढह गया और अदृश्य हो गया।

ला साउफ्रियरे (La Soufriere)—महाप्रलयकारी कार्य की एक सनसनीजनक घटना का प्रदर्शन सेण्ट विंसेण्ट (St Vincent) (चित्र ३४६) के द्वीप पर स्थित एक ज्वालामुखी द्वारा किया गया था। सेण्ट विंसेण्ट द्वीप मार्टिनिक से लगभग १४५ किलोमीटर (९० मील) दक्षिण में है। पूर्व मार्टिनिक विस्फोट के दो दिन बाद साउफ्रियरे का प्रथम उद्गार ७ मई को हुआ था। यह उद्गार मॉण्ट पीली के उद्गार के ही समान था। किन्तु चूँकि साउफ्रियरे के बादल के मार्ग में कोई उल्लेखनीय नगर नहीं था अतः जीवन की हानि बहुत ही कम हुई जो १,६५० के लगभग थी। छिद्र (vent) में से निकलने वाले पदार्थ मॉण्ट पीली से निकले हुए पदार्थों की भाँति किसी विशेष घाटी द्वारा सीमित एवं संचालित न थे अतः कम सघनता के साथ व अधिक विस्तृत क्षेत्र में फैल गए। इसके थोड़े दिनों बाद ही १८ मई को मॉण्ट पीली के विस्फोट में एक और उद्गार उत्पन्न हुआ तथा इसके बाद ही मॉण्ट पीली में सर्वाधिक एवं इस ज्वालामुखी में ३ सितम्बर को एक विनाशक उद्गार हुआ था।

क्रिया के दोनों केन्द्रों से उठायी गयी धूल बहुत दूर तक पहुँची थी। सेण्ट विन्सेण्ट द्वीप पर कुछ स्थानों में धूल के १५ मीटर (५० फुट) से लेकर १८ मीटर (६० फुट) तक मोटे स्तर जम गये थे। इन उद्गारों में से किसी के साथ भी लावा का प्रवाह नहीं हुआ था।

Fig 346
Sketch map of the Island of St Vincent showing the zones of devastation On the black area the destruction of life was nearly complete in the checked area slight (*Russell Nat Geog Mag*)

चीन में ८ मई को होने वाले भूचाल के कम्पनों का सम्बन्ध उस तिथि के उपर्युक्त प्रचण्ड उद्गार के साथ माना जाता है।

माउण्ट लासेन (Mt Lassen)—बहुत दिनों तक यह कहा जाता रहा था कि संयुक्त राज्य अमरीका में कोई सक्रिय ज्वालामुखी नहीं था, किन्तु १९१४ के मई महीने से अन्त में उत्तरी कैलीफोर्निया में माउण्ट लासेन कभी-कभी उद्गार में रहा है। यह क्रिया एक पुराने ज्वालामुखी के शीर्ष पर होती है जो लगभग ३,१८७ मीटर (१०,४३७ फुट) ऊँचा है। नवीन विवर एक अति प्राचीन एवं विशाल विवर के भीतर स्थित है।

इसके सभी प्रारम्भिक उद्गार विस्फोटक प्रकार के थे। निष्कासित पदार्थों में गर्द, धूल (शिलाचूर्ण—rock flour) और शिलाखण्ड (rock fragments) थे जिनके छोटे छोटे टुकड़े एक किलोमीटर तक फेंक दिये गये थे। बड़े बड़े शिला

Fig 347
The Soufriere St Vincent
(*Hovey Am Mus Nat Hist*)

खण्ड, जिनमें से एक शिलाखण्ड का व्यास ४.५ मीटर (१५ फुट) था तथा उसका भार ६० टन था कुछ दूरी तक फेंके गये थे और एक दूसरे उद्गार में कई मीटर व्यास वाले खण्ड विवर से पर्याप्त दूरी तक ले जाये गये थे।

मई (१८ और २२) सन् १९१५ में, पहले की अपेक्षा अधिक प्रचण्ड उद्गार हुए थे। इस समय से पहले, विवर के भीतर से लावा ऊपर उठता रहा था। इसका तल पपड़ी से ढका था, जो उठते हुए स्तम्भ के ऊपर एक ठोस टोपी (छत) के समान था। २८ मई को इस टोपी के नीचे से गरम गैस का एक स्फोट (blast) फटकर हैटक्रीक और लौम्टक्रीक नाम की घाटियों में नीचे की ओर बहने लगा। गरम गैस एवं हिम के पिघलने के कारण उत्पन्न बाढ़ ने लौम्टक्रीक की घाटी के निचले भाग को १६ किलोमीटर (१० मील) तक उजाड़ दिया। गैस के प्रवाह के मार्ग में आने वाली वनस्पति नष्ट हो गयी और पत्तियाँ जगह जगह पर जल गयीं। कहा जाता है

Fig 348

An eruption of steam from the ashes of the Walliban Valley (*Hovey Am Mus Nat Hist*)

कि दो स्थानों में विकराल ऊष्मा (great heat) के कारण आग लग गयी थी। तीन दिन पश्चात् छतरी के आकार का एक बादल (mushroom shaped cloud) लगभग ६.४ किलोमीटर (४ मील) की ऊँचाई तक उदय हुआ और ठोस चट्टान के ढक्कन के नीचे से लावा निकला और विवर की उपान्त भूमि (rim) के ऊपर से प्रवाहित होकर पर्वत की पश्चिमी ढाल पर [illegible]०० मीटर (१,००० फुट) नीचे उतर गया। इस उद्गार के अवसर पर एक [illegible]०० मीटर लम्बी विभाजन दरार (fissure) शंकु के शीर्ष पर उत्तरी-पश्चिमी पार्श्व में फट गयी।

प्रारम्भिक उद्गारों के पश्चात् विवर एक लम्बाई में फैले हुए खड्ड

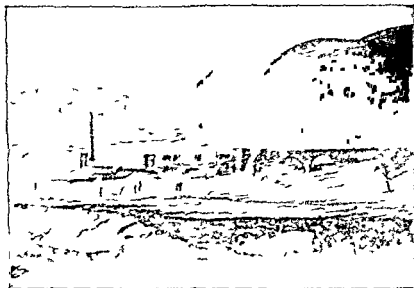



Fig 349
The Soufriere in eruption Ruins of Walliban sugar-factory in the foreground (*Photograph by Wilson*)

Fig 350
A river of mud pouring from La Soufriere the steam is rising from hundreds of points in the hot stream (*Russell*)

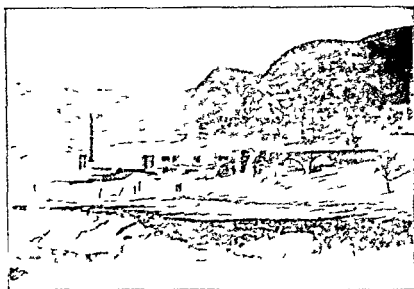



Fig 349
The Soufriere in eruption Ruins of Walliban sugar factory in the foreground (*Photograph by Wilson*)

Fig 350
A river of mud pouring from La Soufriere, the steam is rising from hundreds of points in the hot stream (*Russell*)

(elongate gash) के आकार में था जो ५ जून, १९१४ को लगभग ७६ मीटर (२५० फुट) लम्बा था। सितम्बर के आरम्भ तक अन्य उद्गारों के पश्चात्, यह लगभग २४४ मीटर (८०० फुट) लम्बा एवं १०६ मीटर (३५० फुट) चौड़ा हो गया था और मार्च १९१५ में, जब तक कि १५० से अधिक उद्गार हो चुके थे, यह लगभग ३०० मीटर (१,००० फुट) लम्बा तथा २१३ मीटर (७०० फुट) चौड़ा था। निष्कासित पदार्थ की कुल मात्रा बहुत तुच्छ थी। धुआरे (fumaroles—वे स्थान जिनमें से होकर धुआँ अथवा गैसें बाहर निकलती हैं) पर्वत के शीर्ष के समीप उसके उत्तरी और पश्चिमी पार्श्वों पर विकसित हो गये थे। माउण्ट लासन एक ऐसे प्रदेश के मध्य में स्थित है जिसके तल के निकट विकराल ऊष्मा के पर्याप्त प्रमाण मिलते हैं। ज्वालामुखी से कुछ किलोमीटर के भीतर अनेक स्थानों पर उष्ण स्नान और धुआरे पाये जाते हैं।

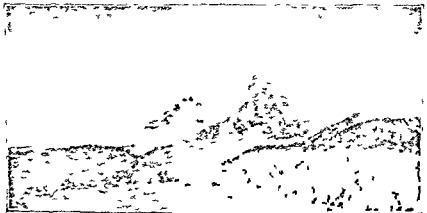



Fig 351

Mt Lassen Calif in eruption 1915 (*Photograph by B L Loomis*)

यद्यपि संयुक्त राज्य में माउण्ट लासन ही एकमात्र ऐसा ज्वालामुखी है जिसे वास्तव में सक्रिय ज्वालामुखी कहा जा सकता है तथापि माउण्ट रेनियर (Mt Rainier) और माउण्ट शास्ता (Mt Shasta) दोनों ही उष्ण जल वाष्प उगलते हैं और माउण्ट बेकर (Mt Baker) तथा माउण्ट सेण्टहेलेन्स (Mt St Helens) (वाशिंगटन) १८४३-८० में सक्रिय थे जिससे ज्वालामुखी धूल का एक कम्बल विस्तृत क्षेत्रों के ऊपर फैल गया था। माउण्ट बेकर सन् १८५४ तथा १८५८ में भी उद्गार में था।

हवाई द्वीप के ज्वालामुखी (Hawaiian volcanoes)—अब तक वर्णित ज्वालामुखियों के उद्गार न्यूनाधिक प्रचण्ड प्रकार के हैं। किन्तु हवाई द्वीप समूह में ऐसे ज्वालामुखी हैं जिनके उद्गार अपेक्षाकृत शान्त (quiet) प्रकार के हैं।

मौना लाओ (Mauna Loa) उन चार ज्वालामुखीय शंकुओं में सबसे बड़ा है जिनके संयुक्त पुंज (mass) हवाई द्वीप का निर्माण करते हैं जिसका एक सिरे से दूसरे सिरे तक आरपार विस्तार १२९ किलोमीटर है। मौना लाओ समुद्र तल से ४,१७० मीटर ऊँचा है। जहाँ तक ज्ञात है, लगभग सम्पूर्ण द्वीप ज्वालामुखीय पदार्थों से निर्मित है।

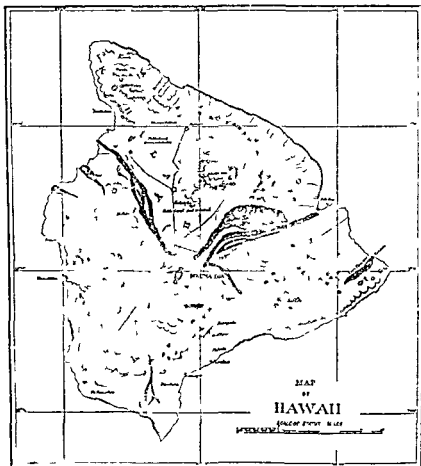



Fig 352
Map of Hawaii (*U S Geological Survey*)

द्वीप का उच्चतम बिन्दु समुद्र तल से लगभग ४,२३० मीटर ऊँचा है किन्तु द्वीप समुद्र के नितल से ऊपर उस लावा द्वारा निर्मित हुआ है जो विदर से बाहर को निकला है और चूँकि द्वीप के चारों ओर का जल लगभग ४८८० मीटर गहरा है, अतः वह ज्वालामुखीय राशि जिसका शीर्ष यह द्वीप है, वास्तव में लगभग ९,००० मीटर (३०,००० फुट) ऊँची है। यह ऊँचाई लगभग उतनी ही है जितनी कि समुद्र-तल से ऊपर उच्चतम पर्वत की है।

मौना लाआ (Mauna Loa) का विवर (चित्र ३५२) ५ किलोमीटर (३ मील) लम्बा, ३ किलोमीटर (२ मील) चौड़ा, और लगभग ३०० मीटर (१,००० फुट) गहरा है। यह एक अति विशाल विवर है। जब ज्वालामुखी सक्रिय नहीं रहता है तब विवर में नीचे उतरना सम्भव रहता है और उसके कड़े किन्तु उष्ण फर्श पर इधर-उधर चला फिरा जा सकता है यद्यपि उसमें साधारणतः दरार तथा अन्य मार्ग (openings) होते हैं और नीचे की उष्ण तरल चट्टानों का प्रमाण देते हैं।

किसी उद्गार के पहले विवर का फर्श ऊँचा उठ जाता है और इसकी चौड़ी हुई दरारों में लावा की भीतें दिखाई देने लगती हैं। समय समय पर, कभी कभी लावा के फव्वारे कई सौ मीटर की ऊँचाई तक झीलों से ऊपर उठ सकते हैं। अन्त में उद्गार आरम्भ होता है, किन्तु लावा प्राय विवर की उत्पात भूमि से

Fig 353
View of crater of Kilauea (*U S Geological Survey*)

ऊपर नहीं बहता है। यह साधारणतया उन दरारों में से होकर बाहर आता है जो पवन के पार्श्व से फट जाती है। इनमें से कुछ शीघ्र से बहुत दूर होती है। उनमें से होकर तरल लावा बहने लगता है जो यदाकदा वायु में सैकड़ों मीटर उछल जाता है और तब पवत के पार्श्वों में नीचे धाराओं में बहने लगता है। इस प्रकार की कुछ धाराएँ एक-एक किलोमीटर तक चौड़ी हो सकती हैं और ८० किलोमीटर (५० मील) तक प्रवाहित होती हैं। लावा की सरिताएँ कुछ कुछ पर्वतीय हिमनदियों के स्वरूप की होती हैं, परन्तु उनकी आगे बढ़ने की गति हिमनदियों की गति की अपेक्षा अत्यधिक तीव्र होती है, यद्यपि मैदानी नदियों की गति की अपेक्षा पर्याप्त मन्द होती है। आरम्भ में लावा तीव्र गति से बहना आरम्भ करता है और जैसे जैसे आगे बढ़ता एवं शीतल होता जाता है वैसे ही वैसे उसकी गति अधिक मन्दतर होती जाती है। नीचे के नगरों के निवासी, ज्वालामुखियों के उत्सर्ग (discharge) के समय, समय-समय पर यह देखने के लिए आते हैं कि लावा की धाराएँ किस प्रकार से आ रही हैं, और क्या उनके इतनी दूर तक नीचे उतरने की सम्भावना है जिससे नीचे बसे हुए प्रदेशों में जन धन को संकट पैदा हो जाय। जैसे ही लावा की धाराएँ अधिक समतल भूमि पर पहुँचती हैं वैसे ही वे फैल जाती हैं। लावा जहाँ-तहाँ तालाब और झीलों को जन्म देने वाले गड्ढों में भर जाता है जो शीघ्र ही ठोस

Fig 354
Lava falling over cliffs Kilauea
(*H M S Challenger Rept*)

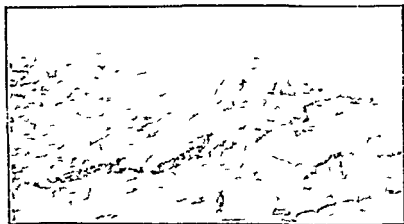



Fig 355
Relatively smooth lava surface near the Jordan craters Malheur Co Ore (*U S Geological Survey*)

हो जाते हैं। कभी कभी लावा उत्प्रपातों (cliffs) से नीचे और कभी-कभी समुद्र के भीतर गिर जाता है (चित्र ३५४)।

कठोर हो जाने के बाद किसी लावा स्राव (lava flow) का तल प्रायः चिकना हो सकता है (चित्र ३५५), किन्तु अनेक दशाओं में वह खुरदरा ही रहता है। ऐसा खुरदरा लावा रज्जुवत (ropy) (चित्र ३५६) अथवा झाँवा के समान (clinkery) हो सकता है (चित्र ३५७)। रज्जुता (ropiness) तल के लावा के अपने कठोर हो जाने के बाद की गति के कारण होती है और झाँवा के समान वाला तल, लावा की धारा की कठोर पपड़ी के टूटने के फलस्वरूप बनता है।

जब लावा बाहर बहता है तब शीर्ष पर स्थित विवर में लावा की झील नीचे बैठ जाती है, और विवर के फर्श के विशाल खण्ड, जो पहले नीचे के लावा द्वारा ऊपर उठाये गये थे, नीचे डूब जाते हैं।

हवाई द्वीपों के ज्वालामुखियों के उद्गार के समय भाप नहीं निकलती है, ज्वालामुखी की धूल या ज्वालामुखी के अंगार (cinders) की बौछारें नहीं होती हैं, जोर की गड़गड़ाहट अथवा विस्फोटीय ध्वनियाँ भी नहीं होती और न भूकम्प ही आते हैं। कोई-कोई उद्गार महीनों तक इतनी शान्ति के साथ लगातार चल सकता है कि केवल निकट के व्यक्तियों को ही उसकी जानकारी हो पाती है।

हवाई द्वीप ज्वालामुखी टापुओं की शृंखला में से एक है जो लगभग ६४० किलोमीटर (४०० मील) लम्बा है। अब मौना लोआ, अन्य अध्ययन किये गये ज्वालामुखियों से भिन्न, अपने प्रदेश की पर्याप्त सम्पदाओं में से एक है।

उद्गार की सामान्य क्रिया (Common phenomena of an eruption)— अब तक के वर्णनों से उद्गारों की आवश्यक विशेषताओं को स्पष्ट किया जा सकता है। विस्फोटी उद्गार (explosive type of eruption—जिन ज्वालामुखियों के उदय होने में जोर की ध्वनि उत्पन्न होती है) में, ज्वालामुखी की गर्दन के भीतर होने वाले विस्फोटों के कारण गड़गड़ाहट एवं भूकम्प के धक्के, किसी प्रचण्ड उद्गार से पूर्व सप्ताहों अथवा महीनों तक भी अनेक दशाओं में होते रहते हैं। जैसे-जैसे विस्फोट प्रचण्ड होते जाते हैं वैसे ही वैसे राख, अंगार तथा बम (bomb) निकलते हैं और शंकु के पार्श्वों पर गिरते हैं। इन अवसरों पर पवन का शीर्ष हिलता रहता है। विवर से उठते हुए संघनित वाष्प एवं धूल के मेघ आकाश को काला बना देते हैं और मूसलाधार वर्षा मलिन धूल पर गिरकर उष्ण कीचड़ की नदियाँ उत्पन्न कर देती है। धूल, अंगार आदि के साथ-साथ तरल लावा हो भी सकता है और नहीं भी हो सकता है। शान्त उद्गारों (quiet eruptions) में लावा विवर में ऊपर को उठता है और कभी-कभी उसकी उत्थान भूमि (rim) के ऊपर होकर बहता है किन्तु अधिक सामान्यतः, शंकु के पार्श्व में किसी भूकम्प के धक्का द्वारा अथवा भीतर की पिघली हुई चट्टानों के दबाव के द्वारा कोई दरार फट जाती है और शीर्ष से नीचे लावा निकलने लगता है। किसी किसी ज्वालामुखी में दहन

(burning) नहीं या बिलकुल नहीं होती क्योंकि उनमें जलने के लिए कुछ भी नहीं होता, अतएव इसमें धुआँ नहीं होता है। जो वस्तु धुएँ के समान प्रतीत होती है

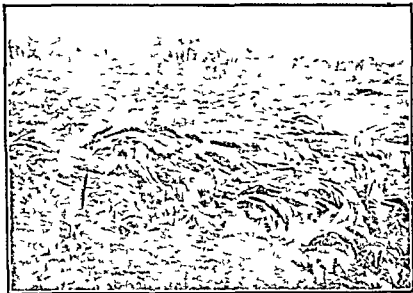



Fig 356
Ropy surface of lava Mauna Loa flow of 1881 (*Calvin*)

Fig 357
Clinkery lava, Cinder Buttes Idaho (*U S Geological Survey*)

यह अधिकांश संघनित जल या भाप (बादल) होता है जो धूल द्वारा प्रायः काला हो जाती है।

ज्वालामुखी द्वारा उत्पन्न पदार्थ
(The Products of Volcanoes)

ज्वालामुखियों से जो पदार्थ बाहर आते हैं वे अंशतः ठोस, अंशतः द्रव और अंशतः गैस रूप में होते हैं। धूल, अंगारे तथा चट्टान के छोटे बड़े टुकड़े ठोस होते हैं, बहता हुआ लावा द्रव होता है और निकलने वाली वाष्पों एवं गैसों की संख्या बहुत बड़ी होती है।

लावा (Lava)—किसी ज्वालामुखी से निकलती हुई समस्त तरल चट्टान लावा कहलाती है। यह शब्द उस चट्टान के लिए भी प्रयोग में आता है जो तरल लावा के ठण्डे होने पर ठोस हो जाने पर बनती है।

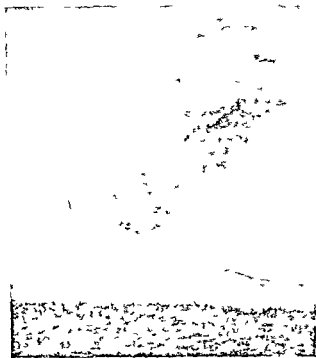
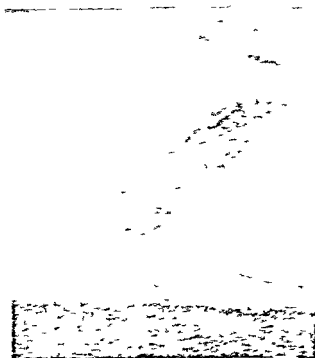



Fig 358
The Volcano of Colima Mex, in an active condition, March 21 1903 (*Arreola*)

लावा जल के समान स्वतंत्र होकर कभी नहीं बहता है। कुछ परिस्थितियों में वह बहुत कड़ा या चिपचिपा (viscous) होता है। जिस दूरी तक वह प्रवाहित होता है वह दूरी लावा की मात्रा और उसके तल के ढाल एवं तरलता पर निर्भर होती है। लावा की मात्रा, तल का ढाल और तरलता जितनी ही अधिक होगी उतनी ही अधिक दूर तक लावा बहता चला जा सकता है।

जब लावा बहता है तब उसकी ऊपरी तह ठण्डी होती है और कठोर पड़ जाती है। इस प्रकार किसी लावा की सरिता का तल ठोस हो सकता है जबकि उसका भीतरी भाग अब भी द्रव है। कठोर पड़े हुए आवरण के पार्श्व या अन्त पर

(burning) तनिक या बिलकुल नहीं होती क्योंकि उनमें जलने के लिए कुछ भी नहीं होता, अतएव इसमें धुआँ नहीं होता है। जो वस्तु धुएँ के समान प्रतीत होती है

Fig 356
Ropy surface of lava Mauna Loa flow of 1881 (*Calvin*)

Fig 357
Clinkery lava Cinder Buttes Idaho (*U S Geological Survey*)

वह अधिकांशत संघनित जल की भाप (बादल) होती है जो धूल द्वारा प्राय काली हो जाती है।

तब तरल भाग को तोडकर लावा बाहर आ सकता है और खोखली पपड़ी को छोड़ कर बहकर दूर जा सकता है। अधिक शीतल होने पर आवरण सिकुड़ता और फटता है और उसका कुछ भाग नीचे गिर जाता है। कुछ स्थितियों में कठोर पटा हुआ तल नीचे के तरल लावा की गति के कारण टूट जाता है और ठोस खण्ड गतिशील तरल लावा द्वारा स्थानान्तरित एवं उलटे जाकर तल को एक कटा फटा स्वरूप प्रदान कर देते हैं (चित्र ३५७)। सन १८७२ में दक्षिणी पूर्वी औरेगान (संयुक्त राज्य) के माडाक इण्डियनों ने इस प्रकार के लावा स्तरों (lava beds) में स्थित अपने लगभग दुर्गम शरणस्थलों से सुरक्षित हो युद्ध आरम्भ कर दिया जो संयुक्त राज्य के सैनिकों के विरुद्ध कुछ समय तक सफल रहा।

ठोस होते समय लावा विभिन्न आकार ग्रहण करता है। यदि यह बिना दबाव के कठोर होता है जैसा कि तल के ऊपर, तो इसमें निहित गैसें और वाष्प फैलती है और यह एक प्रकार के शिला फेन (rock froth) में परिवर्तित हो जाता है। यदि लावा फेन बने बिना ही शीघ्रता से ठोस हो जाता है तो वह ज्वालामुखी काच अथवा ज्वाला काँच (obsidian) बनाता है। यदि लावा दबाव में पड़कर क्रमशः शीतल होता है तो जिन पदार्थों से वह बना होता है वे विभिन्न खनिजों के रूप में स्फटित (crystallized—कणदार) हो जाते हैं। खनिजों के प्रकार एवं उनका अनुपात लावा की संरचना पर निर्भर करते हैं।

अंगार, राख इत्यादि (Cinders, ashes etc)—किसी ज्वालामुखी से निकला हुआ खण्डित पदार्थ का अधिक भाग उस लावा के भागों के अतिरिक्त और कुछ नहीं होता है जो निकलने से पहले ही ठोस हो गया था अथवा वायु में उड़ते समय ठोस बन गया था। ये टूटे हुए टुकड़े आकार में टनों भार के खण्डों में लेकर धूल के छोटे कणों तक होते हैं।

वायु में बहुत दूर तक फेंके गये धूल के हलके कण पवनों द्वारा ग्रहण कर लिये जाते हैं और अनन्त दूरी तक ले जाये जाते हैं जैसा कि पहले कहा जा चुका है। अतः जब तरल लावा एवं विशालकाय टूटे हुए पदार्थ ज्वालामुखी से निकलने के बाद निकास स्थान (छेद) के समीप रुक जाते हैं सूक्ष्म (महीन) पदार्थ दूर तक बिखर जाते हैं।

गैसें तथा वाष्प (Gases and vapours)—जो गैसें तथा वाष्प ज्वालामुखियों से निकलती हैं वे अनेक प्रकार की होती हैं। इनमें से अत्यन्त सामान्य गैसें पानी (H_2O), कार्बन डाईऑक्साइड (CO_2), हाइड्रोक्लोरिक एसिड (HCl), सल्फर-डाईऑक्साइड (SO) और हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S) ही होती हैं, किन्तु इन मुख्य गैसों के अतिरिक्त दूसरी अन्य गैसें भी होती हैं। कुछ गैसें विषैली होती हैं और उनका तापमान इतना ऊँचा हो सकता है कि उनसे जीवन का नाश हो जाय जैसा कि माण्ट पेली (Pelee) की गैसों से हुआ था।

ज्वालामुखियों की संख्या, वितरण आदि
(Number, Distribution, etc)

संख्या (Number)—ज्वालामुखियों की संख्या का निश्चय कर सकना

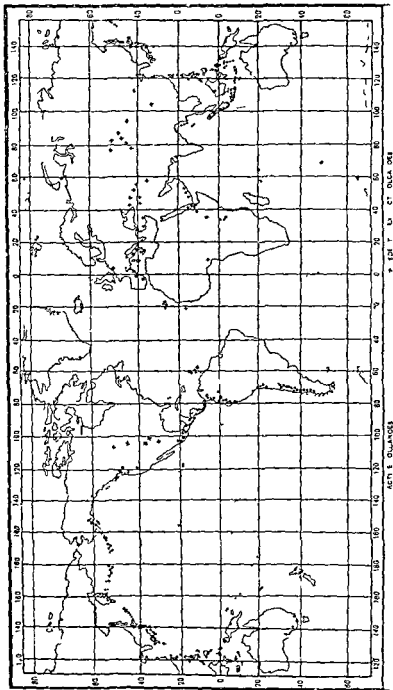



Fig 359
Map showing the distribution of volcanoes (*After Russell*)

सरल काम नहीं है। ऐसा निश्चय न कर सकने के विभिन्न कारण हैं। पहली बात तो यह है कि यह कहना ही असम्भव हो सकता है कि कौनसा शान्त (quiet) ज्वालामुखी प्रसुप्त (sleeping or dormant or slumbering) अथवा मृत (extinct) है। वह यदि प्रसुप्त है तो ज्वालामुखी की श्रेणी में गिना जाना चाहिए और यदि मृत है तो उसको इस संख्या में सम्मिलित नहीं किया जा सकता है। दूसरी बात यह है कि प्रायः ज्वालामुखियों के निगम-स्थान (vent—छिद्र) बदल जाया करते हैं तथा यह भी सम्भव है कि वह ज्वालामुखी एक अकेले विवर से सदा फेंकने के स्थान में कई सहायक निगमों (vents) से भी उगल सकता है, जो न्यूनाधिक रूप में प्रमुख निगम से घनिष्ठ सम्बन्ध रखते हैं। इसमें भी विरोधी मत हो सकते हैं कि क्या ये विभिन्न निगम अलग अलग ज्वालामुखी माने जाएँ? इस तथा अन्य कारणों से सक्रिय ज्वालामुखियों की संख्या का निश्चय नहीं किया जा सकता है। अधिक प्रचलित अनुमानों के अनुसार ज्वालामुखियों की संख्या ३०० और ४०० के मध्य है। उनमें से लगभग दो तिहाई ज्वालामुखी द्वीपों पर स्थित हैं और शेष महाद्वीपों पर। समुद्रों में भी अनेक ज्वालामुखी हो सकते हैं किन्तु उनके विषय में कुछ भी ज्ञात नहीं है क्योंकि गहरे समुद्र में ज्वालामुखियों का पता लगाना सम्भव नहीं लग सकता है।

वितरण (Distribution)—सक्रिय ज्वालामुखियों का सामान्य वितरण चित्र ३५६ में दिखाया गया है। उनमें से अनेक पेटियों (belts) में हैं और पेटियों के मध्य उनमें से कुछ पंक्तियों में हैं। सर्वाधिक सुस्पष्ट पेटी प्रशान्त महासागर को लगभग घेरती है। वह पेटी ऐसी लगती है मानो वह वाष्प उगलते हुए निगमों की एक मेखला (girdle—करधनी) हो। कहा जा सकता है कि यह पेटी दक्षिणी अमरीका के दक्षिण में स्थित ज्वालामुखीय द्वीपों के साथ आरम्भ होती है और इसमें एण्डीज (Andes) एवं मध्य अमरीका तथा मैक्सिको के पर्वतों में स्थित अनेक निगम सम्मिलित हैं। संयुक्त राज्य के पश्चिम में जहाँ के ज्वालामुखी मृत हैं, यह पेटी चौड़ी हो जाती है, किन्तु अलास्का तथा एल्यूशियन द्वीपों में यह पुनः सँकरी हो जाती है। प्रशान्त महासागर के पश्चिमी ओर ज्वालामुखी एक सुस्पष्ट मेखला बनाते हैं जिसमें कमचटका, कोरिया, जापान, फिलीपाइन द्वीपसमूह, न्यूगिनी, न्यूब्रिटेन तथा न्यूजीलैण्ड के अनेक जाग्रत निगम सम्मिलित हैं। कभी कभी पश्चिमी द्वीपसमूह के ज्वालामुखी भी इसी पेटी की पूर्वी शाखा मान जाते हैं। भूमध्यसागर में भी अनेक ज्वालामुखी हैं और उनमें से अनेक ऐसे हैं जिनकी गणना किसी न किसी सुस्पष्ट पेटी के अन्तर्गत की जा सकती है।

अधिकांश ज्वालामुखी समुद्र के भीतर अथवा उनके निकट हैं। अनेक पर्वतीय प्रदेशों में हैं किन्तु यह कदापि मान्य नहीं है कि सभी पर्वतीय प्रदेशों में ज्वालामुखी अवश्य हैं ही। अनेक ज्वालामुखी समुद्र के नितल की पर्वत शाखाओं अथवा उभारों (swells) पर हैं अथवा समुद्र में ऊपर उठी हुई पर्वत शाखाओं एवं उभारों पर हैं। उदाहरण के लिए पश्चिमी द्वीपसमूह के ज्वालामुखी सामान्यतया तटों के समीप हैं,

परन्तु ये सभी तटों के समीप नहीं हैं, और न सभी महाद्वीपों के किनारों पर ही ज्वालामुखी मिलते हैं। अफ्रीका में एक जाग्रत ज्वालामुखी है जो समुद्र से १,१२० किलोमीटर (७०० मील) दूर है और अरीजोना, कोलोरेडो एवं तीबट (Thibet) में समुद्र से ८०० से १,२८० किलोमीटर (५०० से ८०० मील) तक की दूरी पर मृत ज्वालामुखियों के नवीन शंकु हैं। अतएव यह नहीं कहा जा सकता है कि समुद्र अथवा पवन शाखाओं की समीपता ज्वालामुखियों की उपस्थिति के लिए आवश्यक प्रतिबन्ध हो। अनेक सक्रिय ज्वालामुखी महाद्वीपीय पठारों से सागर द्रोणियों के उतार (descent) के समीप स्थित हैं। सम्भवतः उनके वितरण की यह सर्वाधिक महत्त्व-पूर्ण विशेषता है। साधारणतः किसी एक अक्षांश में दूसरे अक्षांश की अपेक्षा ज्वाला-मुखी विशेष रूप से अधिक संख्या में नहीं हैं। किसी भी अवस्था में, अक्षांशों के विचार से उनका व्यापक विस्तार है।

जो सूचना अब तक प्राप्त है, उसके आधार पर यह सामान्य निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि स्थल पर स्थित ज्वालामुखी सामान्यतया उन स्थलों से सम्बन्धित हैं जो निकट अतीतकाल में हलचल में रहे हैं। यह सोचा जाता है कि तब भी ये हलचलें उन तलों के नीचे के अधिक गहरे प्रदेशों के दबाव एवं तापमान पर कुछ प्रभाव डालती हैं और दबाव तथा तापमान की ये विभिन्नताएँ उन आवश्यक शर्तों में से हैं जिनके कारण तल के नीचे लावा बाहर निकलता है।

ऐतिहासिक (Historical)—जहाँ तक कि पृथ्वी का इतिहास अब तक ज्ञात है प्राचीन युगों तक भी वहाँ तक ज्वालामुखी पृथ्वी के इतिहास में उपस्थित रहे हैं, किन्तु ज्वालामुखीय क्रियाएँ सदैव ही समान रूप से सक्रिय रहती हुई ज्ञात नहीं होती हैं। ऐसा ज्ञात होता है कि महान ज्वालामुखीय क्रिया के काल (periods) होते रहे हैं जो अति न्यून क्रिया के अधिक लम्बे कालों के साथ एकान्तरण (alternating) करते रहे हैं। किन्तु इसका पता नहीं है कि किसी समय ज्वाला-मुखी पर्वतों की क्रिया सम्पूर्ण रूप से बन्द भी हुई हो।

यद्यपि ज्वालामुखीय क्रिया निरन्तर वर्तमान रहती हुई ज्ञात होती है किन्तु अपनी रचना में उसका काल न्यूनाधिक रूप से नियमित होता है, तथापि ज्वालामुखी क्रिया के स्थान समय समय पर बदलते रहते हैं और जिन क्षेत्रों में अब ज्वालामुखी पाये जाते हैं, वे क्षेत्र वहीं हैं जहाँ पूर्व समय में ज्वालामुखी थे।

ज्वालामुखीय क्रिया के विषय में जो कुछ अब तक ज्ञात है उससे यह प्रतीत होता है कि साधारणतया किसी एक ज्वालामुखी का आरम्भ होता है, वह एक निश्चित समय तक जीवित रहता है और मर भी जाता है। किसी विशेष प्रदेश की ज्वालामुखीय क्रिया का इतिहास भी इसके समान ही ज्ञात होता है। ऐसा भी ज्ञात होता है कि किसी विशेष प्रदेश में ज्वालामुखीय क्रिया का स्वरूप परिवर्तित हो सकता है। किन्हीं किन्हीं ज्वालामुखीय प्रदेशों में दरारों के फटने की क्रिया (fissure eruption) ज्वालामुखीय इतिहास के आरम्भ में ही आ गया। जैसे-जैसे क्रिया कम होता गया, वैसे ही वैसे दरारों के फटने का स्थान ज्वालामुखियों ने ग्रहण

कर दिया और ज्वालामुखी क्रमश सक्रिय होन गय और अन्त मे शान्त भी हो गये ।

वास्तविक ज्वालामुखी की क्रिया के समाप्त हो जाने के पश्चात भी सम्बंधित प्राकृतिक घटनाएँ चलती रहती है, जैसे सयुक्त राज्य के यलोस्टोन नेशनल पार्क मे अनेक गरम जल के स्रोत (geysers), उष्ण स्रोत (hot springs) तथा अन्य छिद्र हैं जिनम से होकर उष्ण भाप निकलती है । ऐसी घटनाएँ सम्भवत उस प्रदेश म ज्वालामुखीय क्रिया के अंतिम स्वरूप की प्रतिनिधि है ।

आग्नेय क्रिया पूर्णत ज्वालामुखीय नहीं
(Ingeous Phenomena Not Strictly Volcanic)

दरारो के उदगार (Fissure eruptions)—कभी कभी लावा ज्वालामुखियो की अपेक्षा छोटे निर्गमो (छिद्रो) म से निकलने के स्थान मे बड़ी बड़ी दरारो मे से निकलकर तल पर आता है । ऐसी दरारो म से लावा की बाढें (floods) समीपवर्ती प्रदेशो पर फैल जाती है, किसी किसी परिस्थिति मे तो ये बाढें सैकड़ो किलोमीटर दूर तक फैल जाती है । लावा की ऐसी बाढें एक बार ओरेगान, वाशिंगटन और इडाहो म आयी थी, जहाँ पर एक के बाद दूसरे, और दूसरे के बाद तीसरे, आदि क्रमिक प्रवाहो द्वारा वे पहाड़ियाँ और घाटियाँ नीचे दब गयी जो वहा पर पहले से ही विद्यमान थी, और ५,००,००० वर्ग किलोमीटर (२,००,००० वर्ग मील) अथवा अधिक विस्तार वाला एक विशाल पठार बन गया (चित्र ३६०) । स्थानीय रूप म, लावा के पठार का लगभग समधरातल (nearly level surface) अपनी सीमा के पर्वतो से कुछ-कुछ इसी भांति मिल जाता है जैसे समुद्र स्थल से मिला करता है, जबकि पुरानी चट्टानो के टापू इससे ऊँचे उठे हुए होत है ।

इस लावा के पठार म स्नेक नदी (चित्र २३) न एक विशाल गहरी घाटी (canyon) काट दी है जो कही कही १,२१६ मीटर (४,००० फुट) तक गहरी और २४ किलोमीटर (१५ मील) तक चौड़ी है । घाटी की दीवारे पठार की रचना (structure) को स्पष्ट करती है । अन्य बातो के साथ साथ वे क्रमिक (successive) लावा के प्रवाहो के किनारो का प्रदर्शन करती हैं जो कभी कभी तलछट के स्तरो (beds of sediment) द्वारा अलग अलग हो गये है । इन स्तरो की मिट्टी मे

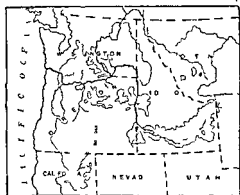



Fig 360
Lava flows of the north western part of the U S

वृक्षो की जडे और तने अब भी सुरक्षित हैं । तलछट के ये स्तर तथा यह मिट्टी प्रकट करते हैं कि एक के बाद दूसरे लावा प्रवाहो के बीच समय का पर्याप्त अन्तर रहा

था। गहरी घाटी की दीवारों में एक स्थान पर एक अति प्राचीन शैल शिखर (rock peak), जो नदी के तल से ७६२ मीटर (२,५०० फुट) ऊँचा है, ४५७ मीटर (१,५०० फुट) मोटे लावा से ढका हुआ है। यहा पर एक ऊबड खाबड पर्वतीय प्रदेश लावा की बाढ़ा द्वारा एक पठार के रूप में परिवर्तित कर दिया गया था। तब से, पठार का एक भाग सरिताओं द्वारा गहरा काट दिया गया है, उसके कुछ भाग अब भी लगभग समतल है कुछ भाग खण्डों में टूट गये है जो मुडकर पर्वतशाखा बन गये है, तथा कुछ अन्य भाग ऊपर उठकर गुम्बद पर्वत (dome-mountains) बन गये है। ओरेगान के ब्लू पर्वत (Blue Mountains of Oregon) एक लम्बाईयुक्त गुम्बद (elongate dome) अथवा उद्वलि (anticline—अपनति) है।

इससे बडे आकार का एक अति प्राचीन लावा का पठार भारत में भी है। अधिक प्राचीनता, समुद्र की समीपता एव आद्र जलवायु के कारण यह पठार ओरेगान के पठार की अपेक्षा अधिक कटा फटा (dissected) है। यह कहा जाता है कि लावा के कारण इसके कुछ क्षेत्रों की मिट्टी अत्यन्त उपजाऊ हो गयी है[1] जिसके कारण दक्षिण का पठार (भारत) कपास उपजाने वाला प्रदेश प्रसिद्ध है। प्रवाहों के कटे हुए छोरों पर स्थित लावा की ऊँची पहाड़िया देश के युद्धों में प्राय अति शक्तिशाली दुर्गो (किला) का काम करती रही है। अन्य कटे हुए लावा के पठार आयरलैण्ड के उत्तरी तट और स्काटलण्ड के पश्चिमी तट पर पाये जाते है। स्कॉटलण्ड से दूर कुछ द्वीप एक प्राचीन लावा के पठार के अवशेष है।

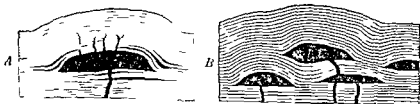



Fig 361

A Ideal cross section of a laccolith with accompanying sheet and dikes *B* Ideal cross section of a group of laccoliths (*Gilbert U S Geological Survey*)

ऐतिहासिक काल में आइसलैण्ड में भी दरारों के उदगार (fissure eruptions) हुए है। सन १७८३ में ऐसे प्रवाह एक ३२ किलोमीटर (२० मील) के लगभग लम्बी दरार से हुए थे। दरार के दोनो ओर लावा स्तरों (beds) में फैल गया और ऊँचे स्थानों की अपेक्षा उनके बीच स्थित घाटियों में अधिक दूर तक बढ गया। इस सम्बन्ध में लावा के प्रवाह हिमनदी की गति के समान ही होते है।

---

[1] कहा ही नहीं जाता बल्कि वास्तव में ऐसा है भी। —अनु०

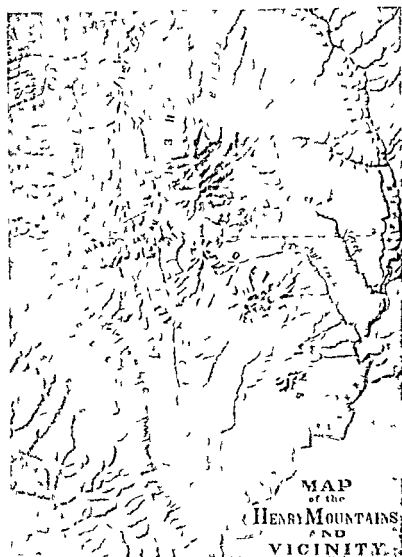



Fig 362

Relief map of the Henry Mountains (*Gilbert U S Geological Survey*)

यद्यपि दरार के उद्गारों का लावा पठारों का निर्माण करता है अथवा उन मैदानों के तल को ऊँचा करता है जिन पर वह फैलता है, तथापि वह साधारणतया पर्वतों को उत्पन्न नहीं करता है, किन्तु फिर भी, जब वह सरिताओं के अपक्षरण द्वारा काटा जाता है, उसमें पर्वतों का विकास तो हो ही सकता है।

लावा का अन्तर्भेदन (Intrusions of lava)—तल तक उठे बिना, स्थल-मण्डल की पपड़ी के भीतर नीचे में लावा का अन्तर्भेदन होता है। ऐसी परिस्थितियों में तल का स्तर (strata) अन्तर्भेदन के ऊपर गाठाकार (arched up) हो सकता है और गुम्बद बना सकता है जो कभी कभी पर्वतों के आकार तक पहुँच जाते हैं। ऐसे पर्वत (**चित्र ३६१-३६२**), जिनके उदाहरण यूटाह (Utah) के हेनरी पर्वत (Henry Mountains) हैं, **ककुच्छल** (Laccoliths—**प्रस्तर की झील**) कहलाते हैं। अन्य प्रकार, के अन्तर्भेदन अन्य स्वरूप ग्रहण करते हैं जैसे अत्यन्त बड़े आकार के अन्तर्भेदन अध शल (batholiths—**नीचे की ओर जाने वाले खड़े किनारों के गुम्बज या चट्टान**) होते हैं और परतदार चट्टानों (stratified rock) के बीच प्रवेश करने वाली लावा की चादरें (sheets of lava) **शैलपट्ट** (sills—**सम आकार की चट्टान**) होती हैं (**चित्र ३६३**)। कुछ स्थानों में लावा चट्टानों की दरारों (cracks) में प्रवेश करने के लिए बाध्य होता है और वहां **शैलभित्ति** (dikes) के रूप में जम जाता है (**चित्र ३६३**, *a*)।

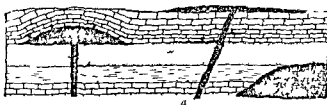



Fig 363
Diagrammatic representation of the relations of igneous rock to stratified rock The igneous rocks represented in black have been forced up from beneath

ज्वालामुखीय क्रिया के कारण
(Gauses of Vulcanism)

ज्वालामुखीय क्रिया के कारण प्राकृतिक भूवत्त के ज्ञान में कुछ बाहर हैं, किन्तु फिर भी यह कहा जा सकता है कि ज्वालामुखियों का लावा किसी **तरल भीतरी भाग** (liquid interior—**तरल आभ्यान्तर**) से आता हुआ नहीं दिखाई देता है, और सटे हुए छिद्रों (adjacent vents) से निकलने वाला लावा किसी तरल चट्टान के किसी एक ही भण्डार (common reservoir) से आता हुआ ज्ञात नहीं होता है। इसका पता इस तथ्य से चलता है कि कुछ समीपी सटे हुए छिद्र या निगम विभिन्न प्रकार के लावाओं को निकालते हैं, इसकी पुष्टि इस बात से भी होती है कि समीपी सटी हुई दरारों में लावा प्रायः एक ही समय में अति विभिन्न ऊँचाइयों पर रहता है।

ज्वालामुखियो की व्याख्या मे दो बातो का स्पष्टीकरण होना आवश्यक है—(१) तरल लावा और उसे उत्पन्न करने के लिए आवश्यक ऊष्मा, और (२) वह शक्ति जो उसे तल पर ले आती है।

यह बात अधिक उचित होगी कि पिघली हुई चट्टानो की अपेक्षा लावा को खनिज पदार्थ का खनिज पदार्थ मे घोल (solution) समझना चाहिए, परन्तु यह घोल केवल उच्च तापमान पर ही बनता है। खनिज पदार्थों को एक दूसरे मे घुलने के लिए बाध्य करने वाली आवश्यक ऊष्मा के स्रोत के विषय मे विभिन्न मतो का प्रतिपादन हुआ है। इन मतो को दो वर्गों मे विभाजित किया जा सकता है—(१) वे, जिनके अनुसार ऊष्मा प्राथमिक (primary) है, तथा (२) वे जो यह मानते है कि ऊष्मा शिलाओ को तरल बनाती है, वह द्वितीय (secondary) है। प्रथम के अनुसार पृथ्वी का भीतरी भाग सदैव उष्ण रहा है, या कम से कम तब से जब से पृथ्वी ने अपना वतमान आकार धारण किया है, द्वितीय के अनुसार ऊष्मा उस शैल मे (तल की निकटता की अपेक्षा) विकसित हुई जो कभी शीतल थी। इन मतो पर आधारित ज्वालामुखीय क्रिया की कुछ कल्पनाओ पर सक्षिप्त विचार किया जा सकता है।

प्राथमिक ऊष्मा (Heat primary)—(१) पहले यह सोचा जाता था कि पृथ्वी का सम्पूर्ण भीतरी भाग द्रव (liquid) था और ज्वालामुखी के छेद इस तरल भीतरी भाग से जुडे हुए थे। यह धारणा कई एक जाने माने तथ्यो पर आधारित थी। गहरी खाने एव सभी प्रकार के गहराई की ओर जाने वाले छेद (borings) यह प्रकट करते है कि बढती हुई गहराई के साथ साथ तापमान भी बढता जाता है। तापमान की वृद्धि की गति मे ५ मीटर (१७ फुट) के लिए १° से लेकर ६० मीटर (२०० फुट) से अधिक के लिए १° तक का विस्तृत अन्तर मिलता है। वृद्धि की औसत दर, जैसा कि उन गहरी खानो एव अन्य छेदो (borings) के विवरण द्वारा प्राप्त है जो अधिकतम विश्वास के योग्य आकडे प्रस्तुत करते हुए ज्ञात होते है, अभी तक वर्णित अधिकतम गहराइयो तक नीचे २४ मीटर से ३० मीटर (८० से १०० फुट) के लिए लगभग १° है, परन्तु यह ध्यान रखना चाहिए कि सबसे अधिक गहरी खुदाइयो गहराई मे एक किलोमीटर से केवल कुछ ही अधिक है, और यह कि अधिकतम खुदाइया जिन पर ये निष्कर्ष आधारित है, बहुत कम गहरी है। यदि ऊष्मा प्रत्येक ३० मीटर (१०० फुट) के लिए १° औसत दर से बढती है तो ३०००° *का तापमान लगभग ९६ किलोमीटर (६० मील) की गहराई पर प्राप्त* होगा। ऐसा तापमान तल पर चट्टानो को पिघलाने के लिए काफी होगा, किन्तु हम यह परिणाम नही निकाल सकते है कि इस गहराई पर चट्टानें पिघली हुई अवस्था मे है, चाहे तापमान ३०००° ही क्या न हो। इस गहराई पर ऊपर की शिलाओ के कारण अपार दबाव है। जब चट्टान पिघलती है तो वह फैलती भी है और इस गहराई पर दबाव फैलाव को रोकने के लिए पर्याप्त हो सकता है, और इस कारण वह पिघलने की सामान्य क्रिया को रोक सकता है। यह विश्वास करने के अनेक कारण

है कि यद्यपि पृथ्वी के भीतरी भाग का तापमान अति ऊँचा है, तथापि वहा की चट्टाने अब भी ठोस है। इस उपकल्पना (hypothesis) का मूल तत्त्व, कि सभी ज्वालामुखी एक ही तरल केंद्र से आरम्भ होते है, झूठा माना जाता है।

(२) ऐसा कहा गया है कि ठास पपटी के नीचे तथा एक विशाल ठोस केन्द्र के ऊपर एक तरल स्तर (liquid layer) है। इस उपकल्पना का पूर्णरूप मे समर्थन होता दिखाई नही देता है। ऊपर बतायी हुई उपकल्पना के प्रति उठायी गयी आपत्तियो को दूर करना भी सम्भव ज्ञात नही होता।

(३) एक अन्य मत यह रहा है कि जब पृथ्वी वास्तव मे ठास है तो यह अपने भीतरी तापमान के रहते हुए भी ठोस है, और यह कि यदि तल के नीचे कुछ स्थानो पर दबाव कम किया जा सके तो गरम चट्टान फैलकर द्रव बन जायगी। ऐसा विचार किया जाता है कि तल मे नीचे का दबाव वहा पर कम हो जायगा जहाँ कि पृथ्वी का बाहरी भाग मुड़ा हुआ है, जैसा कि कुछ पर्वतो मे होता है। इस उपकल्पना को अधिक समर्थन मिला है, किन्तु ज्वालामुखियो से सम्बन्धित कुछ मूलभूत (fundamental) तथ्यो का स्पष्टीकरण, उनके वितरण के समान ही होता हुआ दिखाई नही पड़ता है।

द्वितीय ऊष्मा (Heat secondary)—इस उपकल्पना की व्याख्या, कि ज्वालामुखीय क्रिया मे निहित गरमी द्वितीय ऊष्मा है, का प्रयास इस प्रकार से है (१) शिलाओ का दलन (crushing of rocks), जैसा कि उस समय होता है जबकि शिलाओ के स्तर (beds) मुडते है अथवा (२) शिलाओ के तत्त्वो के या इन तत्त्वो एव तल से नीचे प्रवेश करने वाले जल के मध्य होने वाली रासायनिक क्रिया। वर्तमान काल मे इन उपकल्पनाओ को मान्यता प्राप्त नही है।

साराश (Conclusion)—उपर्युक्त उपकल्पनाओ मे से कोई भी उपकल्पना या सभी उपकल्पनाएँ मिलकर पर्याप्त रूप से ज्वालामुखी की क्रिया का स्पष्टीकरण करती हुई ज्ञात नही होती है और न कोई भी उपकल्पना इस रूप मे ही रखी गयी है कि वह पूर्णरूप से सन्तोषजनक हो। ऐसा होना सम्भव प्रतीत होता है कि (१) तरल लावा का स्थानीय निर्माण एक क्रिया है जो निरन्तर किन्तु मन्द गति से गहरे भीतरी भाग मे सम्भवत उन स्थानो पर चलती रहती है जहा शैल की सामग्री औसत की अपेक्षा अधिक सरलता से घुल सकने योग्य होती है और (२) तरल शैल तक पहुँचने का मार्ग, कुछ अवसरो और स्थानो पर अन्यो की अपेक्षा अधिक शीघ्रता से तथा अधिक मात्रा मे, पानी रहती है। वे प्रदेश जहाँ भूपटल सबसे कम स्थिर होता है, अर्थात् गतिमान होता है, ऐसे प्रदेश है जो लावा को बाहर निकलने के लिए स्थान प्रदान करने की सबसे अधिक शक्ति रखते है क्योकि ऐसे स्थानो मे पपटी सभी स्थानो की अपेक्षा सबसे अधिक कमजोर होती है।

लावा के बाहर निकलने में जो जो शक्तियां काम करती हैं, उनमें से दो शक्तियां स्पष्टतः मुख्य हैं—(१) गुरुत्व (gravity), और (२) लावा में स्थित *वाष्पों तथा गैसों की विशाल एवं विस्फोटक शक्ति*, इनमें जल-वाष्प अधिक विशेष होती है।

तल के नीचे का लावा, यदि वह ऊपर की ठोस चट्टान की अपेक्षा हलका होता है तो, तल तक अपना मार्ग बनाने का प्रयत्न करता रहेगा, अथवा अधिक स्पष्टतापूर्वक यों कह सकते हैं कि ऊपर की अधिक भारी चट्टानें नीचे की हलकी तरल चट्टानों को बाहर ढकेलती हुई नीचे बैठने का प्रयास करती हैं। कुछ ज्वालामुखियों के उद्गार में और कुछ दरारों के उद्गार में यह सम्भवतः एक मुख्य कारण रहा है, या यों कहिए कि यह सब कारणों में से सबसे अधिक महत्त्वपूर्ण कारण रहा है। यदि ऐसे अवसर पर सम्बन्धित प्रदेश पार्श्विक दबाव (lateral pressure) द्वारा प्रभावित होता है तो यह दबाव लावा को बलपूर्वक बाहर निकालने में सहायक हो सकता है। शांत उद्गारों के समय लावा के निकलने में ऊपर अथवा बगल (पार्श्व) से जो दबाव लगता है, वह मुख्य कारण जान पड़ता है। लावा की वाष्पें एवं गैसें इसको फैलाती हैं, विशेषतः जबकि दबाव स्वतन्त्र होता है, और इस प्रकार इसकी आपेक्षिक गुरुत्व शक्ति को कम कर देती है।

प्रचण्ड उद्गारों की स्थिति में गैसें तथा वाष्पें, विशेषतः जल वाष्पें, एक प्रमुख भाग लेती हुई ज्ञात होती हैं। किन्तु इन परिस्थितियों में भी यह सम्भव है कि लावा को तल के समीप तक ऊपर लाने में गुरुत्व ही प्रधान कारण है, और यह भी कि वाष्पें तथा गैसें भी केवल उसी समय अधिक प्रभावशाली होती हैं जबकि स्थलमण्डल का तल समीप आ जाय।

ज्वालामुखियों से निकलने वाली वाष्पों का स्रोत एक ऐसा प्रश्न है जिसके विषय में अत्यधिक मतभेद है। इन वाष्पों में वे वाष्पें भी सम्मिलित हैं जो समुद्र के जल से प्राप्त की जाती हैं। इस तथ्य के आधार पर पहले यह निष्कर्ष निकाला गया था कि लावा के स्रोतों तक समुद्र के जल की पहुँच थी। किन्तु अब यह सोचा जाता है कि सम्भवतः जल, तल के नीचे कुछ किलोमीटर से अधिक नहीं उतरता है, क्योंकि कुछ ऐसी गहराई के नीचे वे छिद्र एवं दरारें उपस्थित नहीं हैं जिनमें से होकर जल नीचे उतर सके। यह निश्चित प्रतीत होता है कि लावा के स्रोत बहुत अधिक गहराई में होते हैं, अतएव यह असम्भव प्रतीत होता है कि समुद्र अथवा स्थल से नीचे उतरता हुआ जल ज्वालामुखियों के स्रोतों तक पहुँचता हो।

यह सम्भव प्रतीत होता है कि जल के सम्पर्क में आने से पहले लावा समस्त स्थल के जल के नीचे की बहुत गहरी गहराइयों से बाध्य होकर तल के समीप की कुछ दूरी के भीतर आ जाता है। पपड़ी के बाहरी भाग में होकर आते समय मार्ग में लावा निस्सन्देह बाहरी पपड़ी के जल के सम्पर्क में आता है और जल को भाप में बदल देता है। इस प्रकार से उत्पन्न भाप सम्भवतः भूपटल के सबसे बाहरी भाग में से लावा के निकास का एक महत्त्वपूर्ण कारण है। किन्तु विश्वास कर सकने

के लिए उत्तम से उत्तम प्रमाण यह है कि लावा अत्यधिक गहराइयों में वाष्पों एवं गैसों को ले आता है और उनमें जल की भाप भी होती है। ऐसा प्रतीत होता है कि इस प्रकार की गैसें और वाष्पें पृथ्वी के भीतर पर्याप्त लम्बे समय से ही विद्यमान थीं। वास्तव में, यह सम्भव है कि उनमें से कुछ अब प्रथम बार पृथ्वी के तल पर पहुँच रही है। यदि यह सत्य है तो इनको पृथ्वी के असली अंगों (constituents) में समझना चाहिए।

ज्वालामुखीय क्रिया का स्थलाकृतिक प्रभाव
(Topographic Effects of Volcanic Action)

अनेक ज्वालामुखी विशाल शंकुओं (cones) को जन्म देते हैं और जैसा कि पहले ही संकेत किया जा चुका है कि उनमें से कुछ तो पर्वत के समान ऊँचे होते हैं। कतिपय उदाहरणों के सम्बन्ध में विकास की प्रथम अवस्थाओं का अध्ययन किया जा चुका है।

ज्वालामुखियों के शंकु (Volcanic cones)—सन् १५३८ में नेपल्स की खाड़ी के उत्तरी तट पर एक छोटा सा ज्वालामुखी उदय हुआ और उसने एक १४० मीटर (४६० फुट) ऊँचे शंकु को जन्म दिया जिसके आधार का व्यास कुछ ही दिनों में लगभग ७६० मीटर (आधा मील) हो गया। इसका विवर (crater) १२० मीटर (४०० फुट) में भी अधिक गहरा था। ज्वालामुखी के विकास में पहले भूचाल उत्पन्न हुए थे जो उस क्षेत्र में ज्वालामुखी के उगलने से दो वर्ष पूर्व तक अनुभव किये जाते रहे थे।

सन् १७७० में मध्य अमरीका में इजाल्को (Izalco) नाम का ज्वालामुखी उस मैदान के मध्य फूट पड़ा जो तब एक पशु संवर्द्धनालय (cattle-ranch—पशुओं की वृद्धि करने का स्थान) था। तब से इसने ढलवाँ ढालों (steep slopes) युक्त एक सुडौल शंकु का निर्माण किया है जिसकी ऊँचाई लगभग ९०० मीटर (३,००० फुट) है। इसके प्रारम्भिक ऐतिहासिक काल में लावा की धाराएँ समय-समय पर प्रायः निकलती रहती थीं जिनके साथ अंगारों (cinders) आदि की सरिताएँ भी होती थीं। यद्यपि यह ज्वालामुखी विस्फोट करता हुआ सक्रिय बना रहा, तथापि कोई भी लावा कई वर्षों तक नहीं बहा। वास्तविक उद्गार के पूर्व भूचाल (earthquakes) और गड़गड़ाहट (rumbling) होती रही थीं।

जनवरी १८८० में मध्य अमरीका में, सान साल्वाडोर क्षेत्र में, इलोपैंगो नाम की झील (Lake Ilopango, San Salvador) में एक ज्वालामुखी फूट पड़ा। यह उद्गार एक महीने से अधिक समय तक जारी रहा, वह जल को गरम करता रहा और मछलियों को मारता रहा तथा उसने शंकु की आकृति के एक टापू का निर्माण किया जो झील से ४८ मीटर (१६० फुट) ऊँचा था, यह झील १८० मीटर (६०० फुट) गहरी थी। ज्वालामुखी के जन्म से कुछ महीने पूर्व इस क्षेत्र में एक शक्तिशाली भूकम्प आया था। भूचाल के पश्चात् झील का पानी लगभग ११ मीटर (३५ फुट) नीचे उतर गया था।

पिछली शताब्दी के आरम्भ म, भूमध्यसागर म सिसली और अफ्रीका क मध्य, जहा पानी २४४ मीटर (८०० फुट) गहरा था, ग्राहम नाम का एक ज्वाला मुखी टापू उत्पन्न हुआ। सन् १८३१ मे उस स्थान से जाने वाल एक जहाज का भूकम्प के धक्का का अनुभव हुआ। जुलाई म एक समुद्री कप्तान न सूचना दी कि उसने जल का १६ मीटर (६० फुट) ऊँचा और ७३० मीटर (२,४०० फुट) व्यास का एक स्तम्भ समुद्र मे उठते हुए देखा और बाद म शीघ्र ही वाष्प का एक स्तम्भ देखा जा ५५० मीटर (१,८०० फुट) ऊँचा उठ गया था। कुछ दिना के बाद जहा पर हलचल हुई थी वहा एक छोटा द्वीप ३ ६ मीटर (१२ फुट) ऊँचा निकल आया जिसके केन्द्र मे एक विवर था जिससे उद्गार हा रह थे। महीने के अन्त तक वह द्वीप १५ से २७ मीटर (५० से ६० फुट) तक ऊँचा एव १ २ किलोमीटर परिधि वाला बन गया। ४ अगस्त को वह ६१ मीटर (२०० फुट) ऊँचा एव परिधि म ५ किलोमीटर (३ मील) था। ज्वालामुखीय क्रिया शीघ्र शान्त हो गयी तथा १८३२ के आरम्भ म वह द्वीप तरगा द्वारा नष्ट किया जा चुका था। इस ज्वालामुखी का जीवन पर्याप्त छाटा था, ऐसा ही वह द्वीप भी था जिसको इसन बनाया था।

आधुनिक समय म ज्वालामुखिया ने अलास्का के तट मे दूर द्वीप बनाय है। सन १७९५ मे एक ऐसा ही द्वीप उनालास्का (Unalaska) के पश्चिम म लगभग ६४ किलोमीटर दूर पर दिखाई दिया। सन १८७२ म यह द्वीप समुद्र तल से २७० मीटर (८५० फुट) ऊपर था, किन्तु इसम विवर न था। सन् १८८३ म एक दूसरा द्वीप इसके समीप ही दिखाइ पडा और बाद म प्रथम द्वीप स मिल गया। सन्१८८४ मे यह १५२ मीटर से २४२ मीटर (५०० स ८०० फुट) तक ऊँचा था।

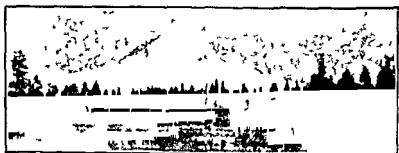



Fig 364
Mt Rainier Wash

बडे-बड विशाल तथा छोट पवत ज्वालामुखिया म बन जात है। जस वाशिंगटन म रैनीयर पवत (चित्र ३६४), ओरेगान मे हुड पवत (चित्र १६८), कैलीफोर्निया म शास्ता पवत (चित्र ३६५), एव अरीजाना मे सैनफ्रासिस्को पवत तथा अनेक ऊँचे और प्रसिद्ध पवत शिखर ज्वालामुखिया द्वारा निर्मित हुए थ।

ज्वालामुखी स्वय बहुत समय से मर चुके है। रैनीयर, हूड और शास्ता आदि सभी पवन इतने ऊँचे है कि ऐसी उत्पत्ति के होते हुए भी उन पर हिमक्षत्र एव हिमनदिया भी मिलती है।

अनेक छोटे तथा कुछ बडे द्वीप, जैसे कि आइसलैण्ड, मुख्यत या पूर्णत उन ज्वालामुखीय शकुओ के निर्माण के फलस्वरूप है जिनकी जडे सागर के नितल पर है। एल्यूशियन द्वीपसमूह, क्यूराइल द्वीपसमूह तथा आस्ट्रेलिया एव एशिया के अनेक द्वीपो का निर्माण इसी प्रकार से हुआ था। आस्ट्रेलिया एव एशिया के द्वीपो मे मसाले के द्वीप (Moluccas—मोलूकाज) प्रसिद्ध है जो अमरीका के आरम्भिक इतिहास के सम्बन्ध मे इतने महत्त्वपूर्ण है।

Fig 365
Mt Shasta a typical volcanic cone furrowed by erosion, but retaining its general form (*U S Geological Survey*)

शकुओ के निर्माण के कारण ज्वालामुखी स्थलमण्डल के तल की बनावट मे एक महत्त्वपूर्ण कारक (agent) बन जाते है। जिन ज्वालामुखीय शकुओ ने पवतो का आकार धारण कर लिया है उनकी सख्या बहुत बडी है किन्तु अधिक सख्या के होते हुए भी उनका औसत क्षेत्रफल अपेक्षाकृत छोटा ही है। ज्वालामुखियो द्वारा विकसित पर्वतीय स्थल का समस्त क्षेत्रफल अन्य प्रकारो से विकसित पर्वतीय स्थल के क्षेत्रफल का केवल एक छोटा भाग ही है।

लावा के भीतरी प्रवेश (intrusions) टीला, पवतो या पठार के समान उभारो को उत्पन्न कर सकते है, जैसा कि पहले ही कहा जा चुका है।

अरीजोना म (केनयान डाइ ता—Canyon Diablo के पास) एक विवर (crater) के समान गडढा है जिसके चारो तरफ एक स्पष्ट तट है जो उस पदार्थ से बना है जिस गड्ढे से बाहर निकाला गया था। तट इतना ऊँचा है कि वह पर्याप्त दूरी से देखा जा सकता है और उस कून स्तूपागिरि (Coon Butte) के नाम से पुकारते हैं (चित्र ३६६)। पहले एसा विश्वास किया जाता था कि तल के नीचे एक प्रबल विस्फोट ने विवर के समान गड्ढे से चट्टानो को ऊपर की ओर उभार दिया

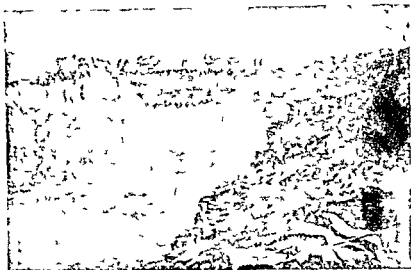



Fig 366

A part of the "crater of Coon Butte Ariz The "butte' is only the rim built up about the 'crater' by the material blown out (*R T Chamberlin*)

था और इस प्रकार इस उच्च तट का निर्माण हो गया था। गड्ढे का निर्माण एक ज्वालामुखी के विकास की दिशा म एक प्रकार का प्रथम क्रम समझा जाता था। किन्तु आज एसा विश्वास किया जाता है कि यह विवर के समान गड्ढा एक बड उल्का पिण्ड (meteorite) के गिरने के कारण बना था। अपने गिरने की महान शक्ति के कारण जब वह पृथ्वी के भीतर घुसा तब वह इतना उष्ण हो गया कि वह फट पडा, और इस विस्फोट ने शिलाओ को ऊपर फेंक दिया जिससे गडढे के चारो तरफ एक घेरा (rim) बन गया। तट तथा विवर के मलबे के ढेर मे उल्का पिण्ड के टुकडे पाये गये थे।

ज्वालामुखीय शकुओ का विनाश (Destruction of volcanic cones)—(१) कुछ ज्वालामुखीय शकुओं का विनाश अशत प्रचण्ड विस्फोटो द्वारा हो जाता है जैसा कि क्रेकेतोआ एव विसूवियस के सम्बन्ध मे पहले कहा जा चुका है। महान गडढे, जिन्हे ज्वालामुखी कुण्ड (calderas) कहते है, जो व्यास म कई सौ मीटर,

एक पचासों मीटर गहरे होते हैं, इस प्रकार से पूर्ववर्ती शंकुओं तथा विवरों में विकसित हो सकते हैं।

यदि लावा का निकास निचले स्तर पर होता हो तो किसी पर्वत के भीतरी भाग में तरल लावा के निकास द्वारा कोई ज्वालामुखी शंकु नीचे की ओर बैठ सकता है (undermined), तब समूचा शिखर नीचे को धँसक सकता है और एक बड़े गड्ढे में समाकर (engulfed) एक ज्वाला का कुण्ड बन सकता है। ओरेगान की विवर की झील (Crater Lake) एक विशाल ज्वालामुखी के शंकु के ठूँठ (stump—कटा हुआ भाग) में एक कुण्ड (caldera) में स्थित है। (चित्र २९८, ३०१)। अजोर्स में कई एक विशाल कुण्ड हैं और उनमें से कुछ के फर्श (floors) लावा के स्थल बन गये हैं।

(२) अपक्षयण (weathering) एवं अपरदन (erosion) द्वारा भी ज्वालामुखी के शंकुओं का विनाश होता है। लहरों द्वारा ग्राहम द्वीप के विनाश का वर्णन किया जा चुका है। ज्योंही ज्वालामुखी शंकुओं का निर्माण होता है, पवन तथा वर्षा उन पर आक्रमण करना आरम्भ कर देती हैं, किन्तु उनके प्रभाव तब तक स्पष्ट नहीं होते हैं जब तक कि शंकु की वृद्धि न रुक जाय। अधिक राख (cinder) इत्यादि से बने हुए शंकु अपक्षाकृत सरलता से नष्ट हो जाते हैं, किन्तु इसके विपरीत लावा से बने हुए शंकु अधिक समय तक प्रतिरोध करते (resist—डटे रहते) हैं। हिमनदियाँ भी उनको मिटा सकती हैं। संयुक्त राज्य के पश्चिमी भाग में स्थित अनेक ज्वालामुखीय शिखरों में यह सम्भव है कि विनाश की विभिन्न अवस्थाओं के उदाहरण पाये जा सकें। केवल वे ही शंकु जो अपेक्षाकृत आधुनिक उद्भव के हैं, आज भी अपना अपरिवर्तित अथवा थोड़ा सा परिवर्तित स्वरूप प्रकट करते हैं। आधुनिक उद्भव के ज्वालामुखियों को छोड़कर सभी ज्वालामुखी शंकु अपने विवरों (craters) को तथा ढालों के सुडौलपन (symmetry) को, जो कभी उनमें पाया जाता था खो चुके हैं।

नवीन शंकुओं के उदाहरण (Examples of fresh cones)—अरीजोना, कैलीफोर्निया (चित्र ३२८), इडाहो, ओरेगान एवं संयुक्त राज्य के अन्य स्थानों में एस ज्वालामुखी शंकु हैं, और वे इतने नये हैं कि उनके आकार अपरदन द्वारा बहुत ही कम बिगड़े हैं तथा उनके ऊपर के पदार्थ अपक्षयण द्वारा तनिक भी बदले हुए से ज्ञात नहीं होते हैं। इसी प्रकार के नवीन शंकु अन्य देशों में भी मिलते हैं, जैसे फ्रांस में आवर्ने (Auvergne) में।

समाप्तप्राय शंकुओं के उदाहरण (Examples of worn cones)—उत्तरी कैलीफोर्निया में शास्ता पर्वत (Mt Shasta) एक ज्वालामुखी शंकु है जिसके आधार का व्यास २० किलोमीटर (१७ मील) है जो अपने आधार पर लगभग ३ किलोमीटर (२ मील) ऊपर उठा हुआ है और समुद्र-तल से ४२१० मीटर (१४,१६२ फुट) ऊँचा है। यह अंशतः (partly) लावा तथा अंशतः टूटे हुए पदार्थ (fragmental material) का बना हुआ है। इसके ऊपरी ढाल प्रपाती हैं तथा

गहरी घाटिया (ravines) से पूर्ण है। शिखर से पश्चिम की ओर लगभग ६०० मीटर (२,००० फुट) नीचे एक कम अवस्था का शंकु है जिसे शास्टीना (Shastina) कहते है एव जिसके शीर्ष पर एक विवर (crater) है। शास्ता के निचले ढालो पर २० से अधिक छोटे छोटे शकुओ के अवशेष (remains—शेष बचे हुए भाग) है। आधार के समीप कई लावा क्षेत्र है जो अपने तलो की विषमता एव मिट्टी के अभाव के कारण, उस समय के बने हुए ज्ञात होते है जबकि हिमनदिया शिखर पर छायी हुई थी। किन्तु यह तथ्य कि सैक्रेमण्टो नदी (Sacramento River) ने उनमे से एक के आरपार एक सकीर्ण ३० मीटर (१०० फुट) गहरा गड्ड (gorge) काट दिया, यह सिद्ध करता था कि अन्तिम उद्गार अनेक वर्ष पूर्व हुआ था। शास्ता पर्वत एक ऐसे ज्वालामुखी शकु का एक उत्तम उदाहरण है जिसे कुछ अपक्षरण (erosion) सहन करना पड़ा है किन्तु उसके वे प्रमाण नष्ट नही हो पाये हैं जो यह सिद्ध करने मे समर्थ है कि उसमे हाल ही मे कुछ उद्गार हुए है। शास्ता पर्वत ने जिन महान परिवर्तनो को झेला (बरदाश्त किया) है वे इस तथ्य से स्पष्ट हो जाते है कि कभी उष्ण रहने वाले इस पर्वत मे कई हिमनदियाँ है जो इसके ढालो पर बहती हुई इसके नाश मे सहायक हो रही है।

रैनीयर पर्वत (Mt Rainier) (चित्र ३६४) एक अन्य भव्य पर्वत है जो एक पूर्ववर्ती ज्वालामुखी द्वारा विकसित हुआ था। इस पर्वत की विभिन्न विशेषताएँ यह प्रकट करती है कि इस हिम से ढके हुए पर्वत के इतिहास मे सोये रहने (sleeping) की एक लम्बी अवधि (समय) के पश्चात ज्वालामुखीय क्रिया की एक द्वितीय अवधि आयी थी। पर्वत मे आज भी कुछ छोटे छोटे निकास मार्गों से उष्ण वाष्प निकलती है, यद्यपि शैल पदार्थ का निकास (discharge) बहुत पहले ही बन्द हो चुका है। यह पर्वत हिम से ढका रहता है और कई हिमनदियो का जन्म स्थान है।

हुड पर्वत (Mt Hood) (चित्र १६८) कास्केड पर्वत (Cascade Range) की चोटियो मे से एक है और यह रैनीयर पर्वत की अपेक्षा अपक्षरण (erosion) से अधिक प्रभावित हुआ है। इसके शीर्ष की भित्ति (wall of its summit) का केवल एक भाग शेष है। इसके पार्श्व (sides) गहरी घाटियो (ravines) द्वारा गहराई तक खुदे हुए (furrowed—कूड़दार) हैं। ये घाटियाँ (ravines) नुकीली और कटी फटी पर्वत शाखाओ एव पचासो मीटर ऊँची खडी चट्टानो द्वारा विलग (separated—अलग अलग) है और शीर्ष पर हिम से भी ढकी हुई है।

मेरिसविले स्कन्धगिरि (The Marysville Buttes)—पहाड़ियो का यह वृत्ताकार (गोलाकार) समूह (चित्र ३६७) जिसका व्यास १६ किलोमीटर (१० मील) है कलीफोर्निया मे सैक्रेमण्टो नदी के तल से ५१० मीटर (१,७०० फुट) से लेकर ६०० मीटर (२,००० फुट) तक ऊपर उठा हुआ है। यह स्कन्धगिरि (buttes) लावा से बना हुआ है जिसकी बाहरी परत टूटे हुए पदार्थ (fragmental

material) (अथवा धनास्म—Tuff) की बनी है। यह ज्वालामुखी शंकु, जो सम्भवतः कभी विच्छिन्न न होता रहता था, पहाड़ियों के एक समूह में टूट-फूट गया है जिसकी रचना टूटी-फूटी और आश्चर्य में डाल देने वाली है। पर्वत की कटाव ने उसकी तह तक नंगा (bare) कर दिया है कि नरकटी चट्टान की टूटी और मुड़ी (distorted—विकृत) पर्तें जिनमें होकर लावा का उद्गार हुआ था, दिखाई पड़ती हैं।

Fig 367

Marysville buttes in contour (*U S Geological Survey*)

सनफ्रांसिस्को पर्वत (The San Francisco Mt)—अरीज़ोना में एक ऐसे ज्वालामुखी पर्वत का एक अच्छा उदाहरण है जो अपरदन द्वारा अधिक नष्ट हुआ है। प्राचीन शंकु का स्पष्ट स्वरूप ज्ञात नहीं है। प्राचीन शंकु के चारों ओर प्रधान ज्वालामुखी के नष्ट होने के पश्चात् अनेक छोटे ज्वालामुखी विद्यमान थे। यह कहा जाता है कि इस स्थान में नवीन ज्वालामुखी शंकुओं की संख्या ३०० से अधिक है। इनमें अनेक इतने नवकालीन हैं कि इनमें अपरदन का कोई चिह्न दिखाई नहीं पड़ता है।

ज्वालामुखीय क्रिया के अप्रत्यक्ष स्थलाकृतिक प्रभाव (Indirect Topographic Effects of Vulcanism)

ज्वालामुखीय ग्रीवाएँ (Volcanic necks)—जब कोई ज्वालामुखी मर

Fig 368
A dike isolated by erosion, Spanish Peaks region, Colo
(*U S Geological Survey*)

Fig 369
The Palisade Ridge

जाता है तो उसके गले (throat) अथवा उदर (interior) से आने वाला माग कठोर लावा से भर जाता है। इस माग की चट्टानें शकु के शेष भागों की अपेक्षा अति मजबूत होती है। शकु के समाप्त हो जाने के पश्चात यह निग (plug—डाट)

अलग अलग हो गयी। रालपट्टें (sills) एव लावा की उत्तादित चादरें स्कन्धगिरि (buttes), पटल प्रस्थ (mesas—मेज के आकार की समतल चट्टान), शैल वेदिका (rock terraces—सीढीदार चट्टानें) आदि को भी उत्पन्न कर सकती है, अथवा या कहिए कि वास्तव मे वे चादरें उन समस्त स्थलाकृतिक आकृतिया को उत्पन्न कर सकती है जो असमान कठोरता की शिलाओ के अपक्षरण द्वारा उत्पन्न होती है।

स्तम्भाकार रचना (Columnar structure)—कही कही कठोर बना हुआ लावा एक स्तम्भाकार (खम्भे के आकार की) रचना का स्वरूप ग्रहण कर लेता है (चित्र ३७० और ३७१)। सम्भवत यह शीतल होने की क्रिया (cooling) म घटित सिकुड़न (contraction—सकुचन) का ही परिणाम है। शीतल होने पर समघन लावा (homogeneous lava—वह लावा जिसका आकार समघन के समान होता है) समान रूप स सब दिशाओ मे सिकुड़ता है। सकुचन शक्ति (contractile force—सिकुड़ने की शक्ति) को समान दूरी के बिन्दुओ पर केन्द्रित माना जा सकता है। किसी एक निश्चित बिन्दु के आसपास दरारो की कम से कम सख्या जो सभी दिशाओ म तनाव को मुक्त कर सकती है, तीन है (चित्र ३७१, *A*)। यदि य दरारें

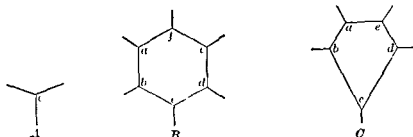



Fig 371

Diagrams to illustrate the formation of columns in basalt *A* The first stage is the development of a hexagonal column *B* The completion of a hexagonal column *C* A pentagonal column

बिन्दु से सुडौल रूप म (symmetrically—समितीय रूप मे) विकिरण (radiate) करें तो किन्ही भी दो दरारो के बीच का कोण १२०° का होगा जो एक षट्भुजीय समक्षेत्र (hexagonal prism) का कोण होता है। अ य केन्द्रो से समान रूप मे विकिरण करती हुई ऐसी ही दरारें स्तम्भो (columns) को पूर्ण करती है (चित्र ३७१, *B*)। यदि बिन्दुओ मे से किसी एक बिन्दु के आसपास दरारें विकसित होने मे असफल रह तो एक पचभुजीय स्तम्भ (five sided column) उत्पन्न हो जायगा (चित्र ३७१, *C*)।

पक (कीचड के) ज्वालामुखी (Mud Volcanoes)

पक ज्वालामुखियो की कुछ विशेषताएँ ज्वालामुखियो के समान और कुछ विशेषताएँ गरम स्रोतो (geysers) के समान होती है तथा अन्य अवस्थाओ मे दोनो ही अवस्थाओ से भिन्न होती है। वे ज्वालामुखियो और गरम स्रोतो (geysers) की ही भाति विस्फोटी होते है। किन्तु उनके नाम के अनुसार उनमे से लावा या पानी

के स्थान म कीचड निकलती है। उनके अस्तित्व के लिए जिन सामान्य दशाओं की आवश्यकता होती है, वे है (१) तल के नीचे पर्याप्त उष्णता, यह अपशान्त कम गहराई पर होती है और वाष्प पैदा करती है, और (२) मिट्टीयुक्त पदार्थ का तल

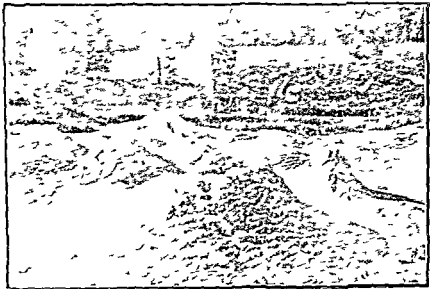



Fig 372

Mud cones Yellowstone National Park (*Fairbanks*)

स्तर (surface layer) जो नमी प्राप्त करने पर कीचड बन जाता है। पङ्क के मध्य म निकलती हुई वाष्प पङ्क के कुछ भाग का बलपूर्वक बाहर निकालती है और छोटे-छोटे शङ्कुओं का निर्माण करती है जो आकृति म ज्वालामुखी शङ्कुओं की समानता करते है रचना (constitution) म नहीं। उनके आकार कभी बड़े नहीं हो सकते।

गरम स्रोतों (geysers) की ही भांति पङ्क ज्वालामुखी भी वर्तमान अथवा अपशान्त होने के ज्वालामुखीय क्रियाओं के प्रदेशों मे मिलते है। उनमे से कुछ प्रचण्ड रूप म विस्फोटीय (explosive) होते है तथा कुछ नहीं भी होते है। उनमें से कुछ ऐसे भी है जो पर्याप्त समय के अन्तर म उद्गार करते है और कुछ ऐसे है जो लगभग निरन्तर क्रियाशील रहते है।

यलोस्टोन पार्क (Yellowstone Park) के चित्रित पात्र (Paint pots) (चित्र ३७२) इसी श्रेणी म आते है यद्यपि उनमे उन्मोचन (discharge) कम होता है और वे उल्लेखनीय शङ्कुओं का निर्माण नहीं करते।

जब तल के नीचे से गैस की मात्राएँ निकल जाती है तब उष्मा के अभाव मे भी पङ्क ज्वालामुखियों के उद्गारों म कुछ कुछ मिलते जुलते उद्गार हो सकते हैं।

मानचित्र-कार्य--स्थलाकृतिक मानचित्रों की व्याख्या म अध्याय १६ देखिए।

८

भूपटल-सचलन—पटल-विरूपण
(CRUSTAL MOVEMENTS—DIASTROPHISM)

सुदीघकालीन परिवतन
(Secular Changes)

अनेक स्थानो म समुद्र के तटा की भूमि ऐसी प्रतीत होती है माना वह अभी हाल ही म समुद्र से निकली हो, जबकि अन्य कुछ दूसरे स्थानो म ऐसी ज्ञात होती है मानो वह समुद्र मे डूबी हुई (submerged) रही हो। तटा के प्रत्यक्ष उठाव (apparent rise) का सबसे अधिक स्पष्ट प्रमाण उन पुलिना (beaches) तथा अन्य तटीय आकृतिया स मिलता है जो आज समुद्र-तल से भलीभाति ऊपर है, और डूब रहने (sinking—निमज्जन) का सबसे अधिक स्पष्ट प्रमाण घाटिया (valleys) के डूबे हुए निचले सिरा (ends) से मिलता है। स्थल के स्तर के य सम्बन्धी परिवतन समुद्र तट के साथ साथ सबसे उत्तम प्रकार से देखे जाते हैं, क्योकि समुद्र-तल (sea level) वह समतल (plane) है जिससे स्थल की ऊँचाइया नापी जाती है। तटा से अति दूर, पृथ्वी के ठोस खण्ड के अति बाहरी भागा के सचलन (movements) भी बढ रहे है अथवा वे अभी हाल ही म उत्पन्न हुए है, किन्तु उनका पता सरलता से नही लग पाता है, अत वे पर्याप्त प्रसिद्ध भी नही हैं। उनम से कुछ का उल्लेख अवसरो के अनुसार अन्य सम्बन्धा मे किया जा चुका है। तल के य अधिकाश परिवतन इतने मन्द है कि दिन प्रतिदिन अथवा वष प्रतिवष भी कोई गति दिखाई नही पडती है। जो कुछ भी देखा जा सकता है वह उन परिवतना का परिणाम है जो शताब्दिया तक मन्द गति से होते रह है।

भूपटल (स्थलमण्डल के बाहरी भाग) के सचलन का अनुमान पहले तटा के समीप देखे गये विभिन्न रूपा मे किया गया, बाद मे नापा (measurements—मापा) द्वारा उनका प्रदर्शित किया गया जिनसे सचलन का केवल तथ्य ही प्रकट नही हुआ है वरन् कुछ अवस्थाओ मे उसकी गति (rate) भी ज्ञात हो गयी है।

यह ध्यान रखना चाहिए कि समुद्र के वतमान तल के ऊपर पुलिन (beach) या अन्य तटीय चिह्ना का यह आवश्यक अथ नही है कि स्थल का उत्कष (rise) हुआ ही है। इसके स्थान पर उनका अथ समुद्र तल का निचाव (depression) भी हो सकता है, किन्तु दोनो ही स्थितियो मे उनका अथ स्थल का बढा हुआ उन्मज्जन (emergence) ही है। इसी भाति, समुद्र के उत्कष द्वारा घाटियो के निचले सिरा

का निमज्जन (जल के नीचे डूब जाने की क्रिया) भी ठीक उसी प्रभावपूर्ण ढंग से हो सकता है जैसा स्थल के समुद्र में नीचे डूब जाने से होता है किन्तु दोनों ही परिस्थितियों में समुद्र-तल की अपेक्षा स्थल का निचाव (depression) ही हुआ है। कुछ परिस्थितियों एवं सम्बन्धों में यह कहना सम्भव हो सकता है कि अपनी स्थिति को बदलने वाला स्थल होता है या समुद्र-तल, किन्तु सामान्यत इन परिवर्तनों को सापेक्षिक समझना ही उत्तम होगा।

स्थल के (सापेक्ष) उच्चयन के प्रमाण (Evidences of (Relative) Elevations of Land)

(१) **मानव सरचनाएँ (Human structures)**—किन्हीं-किन्हीं प्रदेशों में, जो बहुत समय से आबाद रहे हैं, वे रचनाएँ जो कभी समुद्र-तल की ऊँचाई पर थीं, अब उससे ऊपर हैं, जैसे, भूमध्यसागर में क्रीट के टापू पर प्राचीन नाविकों (docks—जहाजों में माल लादने अथवा उतारने का स्थान, गोदी) के अवशेष कुछ स्थानों में जल से ८ मीटर (२७ फुट) तक ऊपर हैं। यह इसलिए और भी अधिक विचित्र है कि उसी द्वीप के अन्य भाग डूब गये हैं जिससे मानव द्वारा निर्मित (बनायी हुई) रचनाएँ डूब गयी हैं जिनके टूट-फूटे अवशेष (ruins) आज भी जल के नीचे दिखाई देते हैं।

(२) **शिलाएँ (Rocks—चट्टानें)**—बाल्टिक सागर में अनेक शिलाएँ जो ऐतिहासिक काल में समुद्र-तल की ऊँचाई पर थीं या उससे इतनी कम नीची थीं कि वे नाविकों के लिए भयानक थीं आज जल से पर्याप्त ऊपर हैं। इनमें से एक चट्टान के लिए कहा जाता है कि वह पिछले १०० वर्षों में १८ मीटर (६० फुट) के लगभग ऊँची उठ गयी है। एक शिलालेख से जो लगभग १०० वर्ष पुराना माना गया है यह निष्कर्ष निकाला गया है कि एक स्थान पर स्थल १८२० ई० के पूर्व के १० वर्षों में लगभग ४ मीटर (१३ फुट) ऊँचा उठा है।

(३) **मापन (Measurements)**—स्कैण्डेनेविया में तल के परिवर्तन बहुत पहले मालूम थे और उन परिवर्तनों ने (लोगों में) इतनी रुचि उत्पन्न की कि विभिन्न स्थानों पर तट के ऊपर चिह्न बनाए गये थे और स्थल एवं जल के मध्य तल के परिवर्तन की दर निश्चित करने के लिए वर्षों तक उनका निरीक्षण किया गया था। आधुनिक समय में यह ज्ञात हुआ है कि स्कैण्डेनेविया का विशाल भाग समुद्र-तल की अपेक्षा भिन्न भिन्न दरों से ऊँचा उठ रहा है। कुछ स्थानों में उठाव (उच्चयन) की दर प्रति शताब्दी लगभग १ मीटर पायी गयी है।

(४) **कार्बनिक अवशेष—जीवाश्म (Organic remains, fossils)**—तटों के उठाव को जताने वाले प्रमाणों की अन्य पंक्ति समुद्र के तल से ऊपर पाये जाने वाले समुद्री जीवों की शुक्तियाँ (shells—घोंघों) चोलों (tests) आदि में मिलती है। इस प्रकार से कुछ स्थानों पर बार्नेकल शुक्तियाँ (barnacle shells—छोटे प्रकार के जल वाले घोंघे या शंख) जल के तल से ऊपर उन चट्टानों में मिली रहती है जहाँ वे उत्पन्न हुई थीं। इस निष्कर्ष से मुँह नहीं मोड़ा जा सकता कि ऐसे स्थानों

मे समुद्र तल नीचा हुआ है अथवा स्थल ऊपर को उठा है, इस डुबाव एव उठाव की सीमा समुद्र तल से ऊपर उनकी ऊँचाई ही है। कही कही समुद्र के नीचे एकत्र सामुद्रिक शुक्तियो के स्तर (beds) समुद्र तल स ऊपर भी मिलत है। इस प्रकार शुक्तियाँ स्थल के सापेक्ष उच्चयन (उठाव) को सिद्ध करती है, शत केवल यही है कि वास्तव म यह ज्ञात हो कि वे समुद्र क जल द्वारा ही जमा की गयी ह। परन्तु असलग्न (unattached) शुक्तिया स प्राप्त प्रमाण की सावधानी स छानबीन करनी चाहिए, क्योकि चिडियाँ तथा अन्य जानवर प्राय सामुद्रिक शुक्तिया को स्थल पर ले जात है और उन्ह पर्याप्त ऊँचाई तक भी पहुँचा दत है।

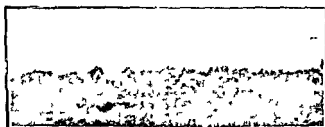



Fig 373
Elevated wave cut terraces and sea cliff West side of Ojai Valley, Cal (*Arnold*)

समुद्र की शुक्तियो को धारण करने वाले स्तर जो निश्चित रूप मे समुद्र क नीचे जमा किय गय थ, आज विभिन्न स्थाना पर जल म ऊपर मिलते है, जैस स्वीडन के तट पर और उत्तरी ग्रीनलैण्ड के कुछ स्थाना मे जहा व ३० मीटर से ६० मीटर (१०० फुट स २०० फुट) की ऊँचाई तक मिलत है। यहाँ पर शुक्तिया इतनी नवीन ह कि कुछ दशाओ मे व अब भी अधिचम (epidermis—बाहरी

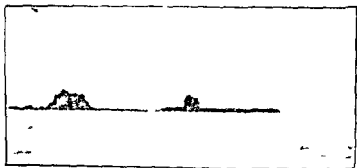



Fig 374
Elevated wave cut terraces and sea cliff Bottle and glass St Vincent (*Hovey Am Mus Nat Hist*)

चमडे) से ढकी है। जिस बालू मे वे ढकी हुई हैं वह वष भर जमती रहती है और निम्न तापमान ही निस्सन्देह कार्बनिक पदार्थ को नष्ट होने स बचाता है।

डारविन महोदय (Darwin) ने बहुत पहले ही दक्षिणी अमरीका के पश्चिमी किनारे के पास समुद्र के तल से ३६६ मीटर (१,२०० फुट) ऊपर की ऊँचाइयों तक सूक्तियाँ पायी थीं। पीरू के तट पर आधुनिक जाति की एक मूंगे की दीवार (coral reef—प्रवाली भित्ति) लगभग ९१४ मीटर (३,००० फुट) की ऊँचाई पर विद्यमान बतायी जाती है। न्यू हेब्राइड्स के तट पर ६१० मीटर (२,००० फुट) की ऊँचाई तक और क्यूबा के तट पर ३०० मीटर (१,००० फुट) या इससे भी अधिक ऊँचाइयों तक प्रवाल भित्तियाँ हैं।

(५) **उन्नत पुलिन, आदि** (Raised beaches, etc)—उन्नत (raised) पुलिन (beaches) एवं वेदिकाएँ (terraces—सीढ़ियाँ) भी जो तटों के पास मिलती हैं, तल के परिवर्तन के प्रमाण हैं। ऐसी आकृतियाँ उत्तरी यूरोप के तट तथा उत्तरी अमरीका के पूर्वी तट के अनेक भागों में, पश्चिमी द्वीपसमूह के चारों ओर, कैलीफोर्निया के तट पर, एवं अन्य अनेक स्थानों में मिलती हैं। किन्हीं-किन्हीं तटों के साथ-साथ जैसे कैलीफोर्निया तथा स्कॉटलैण्ड के तट, इन उन्नत वेदिकाओं पर नगर स्थित हैं, और पर्याप्त दूरी तक सड़कें तथा रेलमार्ग उनके साथ साथ बने हैं। उन्नत पुलिनों एवं अन्य तटीय आकृतियों के सम्बन्ध में एक महत्त्वपूर्ण तथ्य यह है कि अब वे क्षैतिज नहीं हैं। जिस तल पर वे स्थित हैं वह अब ऐंठ या मुड़ (warped) हो चुका है।

(६) **समुद्री उत्प्रपात** (Sea cliffs)—कुछ ऊँची उठी हुई तटीय वेदिकाओं पर स्थित चार उत्प्रपातों का चित्र २७३ में देखिए।

(७) **समुद्री कन्दराएँ** (Sea caves)—जहाँ-तहाँ लहरें समुद्र के जल के स्तर पर समुद्री कन्दराओं का विकसित कर देती हैं। स्कॉटलैण्ड के तट पर इस प्रकार में विकसित कन्दराएँ ३०० मीटर (१,००० फुट) तक ऊँची हैं।

ये सभी प्राकृतिक दृश्य यह प्रमाणित करते हैं कि आधुनिक समय में अनेक स्थानों में समुद्र का अपना स्तर ऊँचा उठा है।

सापेक्ष धँसकन (नीचा होने की क्रिया) के प्रमाण (Evidences of Relative Depression)

स्थल के नीचे धँसकने के प्रमाण स्थिति की प्रकृति के कारण कम सुगमता से प्राप्त हैं, क्योंकि उनका सबसे अधिक भाग जल के नीचे है।

(१) **मानव संरचनाएँ** (Human structures)—यह कहा जा चुका है कि ग्रीट द्वीप के पूर्वी छोर पर अनेक प्राचीन भवन जल की नीचे डूब हुए हैं। ग्रीनलैण्ड के तट के कतिपय भाग भी वर्तमान समय में उसी प्रकार से नीचे की ओर धँसक रहे हैं क्योंकि विभिन्न मानव द्वारा बनायी गयी रचनाएँ जो नीचे तटों पर थीं डूब चुकी हैं और अब जल के नीचे हैं। स्कैण्डेनेविया के दक्षिणी छोर का भी, जैसा कि कहा जा चुका है, नवीन झुकाव हो रहा है जबकि प्रायद्वीप का शेष भाग ऊपर को उठता हुआ ज्ञात होता है। "माल्मो (Malmo) की वर्तमान गलियों में से एक गली में बाल्टिक सागर के जल द्वारा उस समय बाढ़ आ जाती है जबकि

पवन प्रबल हो, और कुछ दिना पहले की गयी खुदाई मे वतमान गली के २ ५ मीटर (८ फुट) नीचे की गहराई पर एक प्राचीन गली का पता लगा था।"

Fig 375
Stumps laid bare on the beach at low tide, Leasowe, Cheshire Eng (*Ward*)

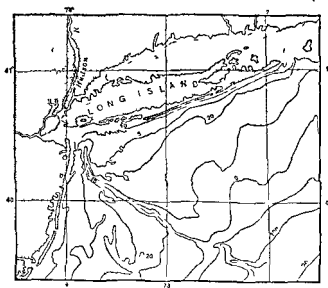



Fig 376

(२) निमग्न (डूबे हुए) वन (Submerged forests)—कुछ तटों के समीप निमग्न वनों के प्रमाण मिलते हैं। उदाहरण के लिए, इंगलैण्ड में लिवरपूल के उत्तर में कई एक स्थानों पर यही दशा है (चित्र ३७५)। यहाँ तक ज्वार समाप्त होता है पुलिन (beach) पर, जहाँ पहले कभी वृक्ष उगे हुए थे, उनके पेड़ों के ठूँठ खड़े दिखाई देते हैं। चूँकि इन तनों द्वारा वृक्षों की जिन जातियों का प्रतिनिधित्व किया जाता है वे खारे पानी में नहीं उग सकते, अतः इस निष्कर्ष के अतिरिक्त किसी अन्य तथ्य को नहीं माना जा सकता है कि वह स्थल जहाँ वे उगे थे, कभी शुष्क था और अब वह ज्वार के तल के नीचे डूब गया है। न्यूजर्सी के तट पर भाटे के समय समुद्र-तल से २ मीटर (७ फुट) नीचे के वृक्षों के तने पाये गये हैं।

(३) निमग्न (डूबी हुई) घाटियाँ (Submerged valleys)—स्थल पर स्थित कई एक नदी घाटियाँ तटरेखा से बहुत आगे तक उथले समुद्र के नितल में स्थित घाटियों की न टूटने वाली माला होती हैं (चित्र ३७६)। यह विचार किया जाता है कि ऐसी डूबी हुई घाटियाँ यह प्रकट करती हैं कि वह तल जिसमें वे कटी हुई हैं घाटियों के बनने के समय पर स्थल था किन्तु बाद में नीचे धँसाव के कारण वे सब जल में डूब गयीं। संयुक्त राज्य के पूर्वी तट पर रोड द्वीप (Rhode Island) एवं करोलिना (Carolinas) के बीच अनेक खाड़ियाँ इस बात को बतलाती हैं कि स्थल का नवीन धँसाव इस सीमा तक हुआ है कि उसमें पहले की घाटियों के निचले छोर डूब गये और खाड़ियों के रूप में परिवर्तित हो गये। इस प्रकार की डूबी हुई घाटियाँ पृथ्वी के अनेक भागों में विद्यमान हैं और यह प्रकट करती हैं कि तटीय भूमि का धँसाव (submergence) अब भी हो रहा है अथवा अनेक तटों के समीप भूतकाल में भी हो चुका है।

(४) इटली का एक मंदिर (An Italian temple)—तल के परिवर्तन के सम्बन्ध में मिलने वाले ध्यान आकर्षित करने वाली घटनाएँ हैं, उनमें से एक घटना ऐसी है जिसमें उठाव (emergence) और धँसाव (submergence) की दोनों ही गतियाँ सक्रिय रूप से प्रतीत होती हैं। नेपल्स के समीप इटली के तट पर एक प्राचीन मंदिर के खण्डहर हैं। जाँच से यह ज्ञात होता है कि ईसा से २०० वर्ष पूर्व तक यह तल से ऊपर था। सन् १७४९ में भी मंदिर के कई स्तम्भ खड़े थे। इनके आधार समुद्र के द्वारा जमाये गये तलछट में ४ मीटर (१२ फुट) की गहराई में दब गये थे और इन स्तम्भों पर ३ मीटर (९ फुट) तक की ऊँचाई पर समुद्री जीवों द्वारा बनाये गये छेदों के चिह्न थे। अतएव यह निष्कर्ष निकाला गया है कि ईसा से २०० वर्ष पूर्व और १७४९ तक के बीच वह भूमि जिस पर वह मंदिर बनाया गया था यहाँ तक नीचे दब गयी थी कि स्तम्भों के आधारों के ऊपर ६ मीटर (२१ फुट) तक जल ऊँचा चढ़ गया था और वह भूमि फिर से ऊपर उठ आयी जिससे उसका फर्श समुद्र के तल से ऊपर उठ गया।

स्थल एवं समुद्र में से किसके तल का परिवर्तन होता है ? (Is it the Land or the Sea which Changes its Level ?)

यह स्पष्ट है कि यदि स्थलमण्डल का बाहरी भाग जिसे साधारणतया पृथ्वी की पपड़ी अथवा भूपटल (crust) कहते है, ऐंठन (समावलन—warping) का शिकार रहती है, जिसके कारण उसके कुछ भाग ऊपर उठते हैं और कुछ नीचे को धसकते है। तटों पर देखी गयी ये प्राकृतिक घटनाएँ सरलता से समझी या समझायी जा सकती है। साथ ही साथ स्थल एवं समुद्र के सापेक्षिक तलों के परिवर्तन सम्बन्धी अधिकांश वाद विवादों में यह मान लिया जाता है कि समुद्र नहीं बल्कि स्थल ही वह तत्त्व है जो परिवर्तित होता है। किन्तु इस विश्वास की सत्यता में सन्देह है।

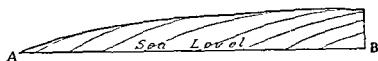



Fig 377
Diagram showing a cross section of coastal tract

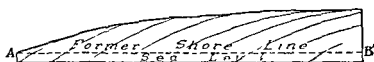



Fig 378
Diagram showing the same coast as Fig 377, after the sea level has been lowered uniformly The land appears to have risen

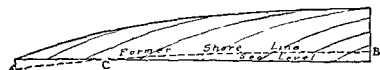



Fig 379
Diagram showing the same area as the preceding The sea has sunk as much as in Fig 378 but the land at the left also has sunk and has sunk more than the sea level has At the left, therefore, the land seems to have sunk and at the right it seems to have risen while at one point C, it appears to have neither risen not sunk

इस सन्देह के कुछ कारण भी है। इसके विकल्प (alternatives) ये है—(१) क्या यह स्थल नहीं वरन् समुद्र है जो अपना तल परिवर्तित करता है ? या (२) क्या स्थल एवं समुद्र दोनों ही अपना तल परिवर्तित करते है ? इस दूसरी स्थिति में (अ) क्या प्रत्येक का उत्क्षेप (उठाव) और निम्नन (धँसाव) होता है ? अथवा (आ) क्या स्थल का उठाव और धँसाव समुद्र के उठाव अथवा धँसाव के साथ ही साथ

होता है ? कई एक सामान्य विचार यह स्पष्ट कर देते हैं कि इनमें से कुछ विकल्प माने नहीं जा सकते हैं।

अन्य अवस्थाओं के स्थिर बने रहने पर, यदि समुद्र का जल एक स्थान पर नीचे बैठता है तो वह प्रत्येक स्थान पर नीचे दब जायगा क्योंकि समस्त महासागर एक दूसरे से जुड़े हुए हैं। इस दशा में सभी तट उठे हुए से ज्ञात होंगे। इसी प्रकार यदि एक स्थान पर समुद्र के जल का उठाव हो तो ऐसा प्रतीत होता है कि प्रत्येक स्थान पर समुद्र का तल ऊपर उठना चाहिए और उस दशा में सभी तट एक साथ ही डूब रहे हुए से ज्ञात होने चाहिए। चूंकि कुछ तट उठे हुए (rising) से ज्ञात होते हैं और कुछ उसी समय डूबे हुए (sinking) ज्ञात होते हैं, अतः यह स्पष्ट है कि समुद्र-तल के स्तर के परिवर्तन देखी गयी घटनाओं का स्पष्टीकरण करने में असमर्थ हैं। परन्तु, फिर भी, इसका अर्थ यह नहीं है कि ऐसे परिवर्तन देखी गयी घटनाओं के स्पष्टीकरण में सम्मिलित अंगों में से एक नहीं हो सकते हों।

इसके अतिरिक्त अन्य विकल्पों (alternatives) की अलग-अलग विवेचना किये बिना भी इस प्रश्न में निहित (involved) सिद्धान्त सरलता से समझे जा सकते हैं।

मान लीजिए, समुद्र का तल सभी स्थानों पर नीचा हो जाय, जैसा कि यह उस समय हो जायगा जब सागर-द्रोणियों (ocean basins) में से किसी एक का नितल दब जाय, और आगे यह भी मान लीजिए कि महाद्वीपों का धँसाव भी उसी समय हो जाय। इस सामान्य धारणा के अन्तर्गत विभिन्न स्थितियाँ उत्पन्न होती हैं—(१) यदि स्थल का धँसाव उतना ही हो जितना कि समुद्र के तल का, और प्रत्येक स्थान पर धँसाव समान भी हो, तो समुद्र के तल के साथ तटों के सम्बन्ध में परिवर्तन नहीं होगा। (२) यदि समुद्र की अपेक्षा स्थल का धँसाव अधिक हो और वह प्रत्येक स्थान पर समान रूप में हो तो पुरानी सभी तट रेखाएँ डूब जायँगी। (३) यदि समुद्र की अपेक्षा स्थल का धँसाव कम हो, और प्रत्येक स्थान पर समान रूप में हो, तो सभी तट उठे हुए प्रतीत होंगे। (४) यदि तटों के विभिन्न भागों का धँसाव असमान रूप में हो तो जो भाग समुद्र की अपेक्षा कम धँसे हुए हैं वे उठे हुए ज्ञात होंगे, जो समुद्र के बराबर ही नीचे हुए हैं उनकी समुद्र के तल के साथ की सापेक्षिक स्थिति में कोई अन्तर नहीं पड़ेगा, और जो समुद्र की अपेक्षा अधिक नीचे हुए हैं वे डूबे हुए ज्ञात होंगे।

ये सभी सम्बन्ध चित्र ३७७, ३७८ और ३७९ द्वारा दिखाये गये हैं। समुद्र का तल जो चित्र ३७७ में AB पर है, चित्र ३७८ में $A'B'$ तक डूबा हुआ दिखाया गया है। चित्र ३७९ में चित्र ३७७ की तट-रेखा A'' से C तक समुद्र की अपेक्षा अधिक डूबी हुई दिखायी गयी है, C पर उतनी डूबी हुई है जितना कि समुद्र, और C से B' तक समुद्र की अपेक्षा कम डूबी हुई है। A' से C तक तट डूबा हुआ दिखाई देता है और C से B'' तक वह उठा हुआ ज्ञात होता है।

अतएव एसा प्रतीत होता है कि तटो के समीप के समस्त स्पष्ट दिखाई देन वाले उठाव एव धँसाव स्थल के असमान धँसाव द्वारा उस समय समझाये जा सकते है जबकि समुद्र का तल नीचा हो रहा हो, किन्तु फिर भी, इसका अर्थ यह नहीं है कि यही अवश्य ही घटित होने वाली सत्य व्याख्या हो। तटो के समीप की विद्यमान प्राकृतिक घटनाएँ इस कल्पना के आधार पर भी समझायी जा सकती है कि तटीय भूमि का उत्क्षेप (उठाव) भी स्थानीय होता है तथा धँसाव भी स्थानीय ही होता है, और इस आधार पर भी उनका केवल धँसाव ही होना है। वे समान रूप म इस कल्पना के आधार पर भी समझायी जा सकती है कि समुद्र-तल का कभी उठाव और कभी धँसाव होता है, और एसा भी केवल उसी समय होता है जबकि तटो म ऐंठन (warping) हो रही हो, यह ऐंठन कुछ स्थानो पर ऊपर और कुछ स्थानो पर नीचे की ओर होती है। समस्त रूप म यह सम्भव प्रतीत होता है कि समुद्र का तल अवश्य ही परिवर्तित होता है, कभी उसका उठाव और कभी धँसाव होता है और यह कि तटीय स्थल कुछ स्थानो म ऊपर का तथा कुछ म नीचे को ऐंठन है और यह भी कि देखी गयी प्राकृतिक घटनाओ म य सभी गतिया सम्मिलित है।

पृथ्वी की उत्पत्ति एव इतिहास के सभी प्रचलित सिद्धान्त इस धारणा पर आगे बढते है कि पृथ्वी एक सिकुडता हुआ पिण्ड है। यदि यह सत्य है तो यह स्पष्ट है कि उठावो की अपेक्षा तल के धसावो का नियम होना चाहिए, और यह भी कि एस उठाव जो सकुचन के कारण होते है, धरातल के सामान्य निचाव के समक्ष आकस्मिक होते है।

अब हम उन कारणो के विषय मे छानबीन कर सकते है जिनके कारण समुद्र का तल ऊँचा-नीचा होता है या हो सकता है, और उन कारणो की भी छानबीन कर सकते है जिनके द्वारा स्थलमण्डल का तल कुछ अन्य स्थानो म नीचा हो जाता है।

समुद्र का तल परिवर्तित क्यो होता है ? (Why the Sea Level Changes ?)

अवसादन (Sedimentation—**तलछटीकरण—तलछट को जमाना**)—नदियाँ प्रत्येक वर्ष तलछट की एक विशाल मात्रा को स्थल से समुद्रो मे ले जाती है। यह तलछट पदार्थ समुद्र के नितल पर जमा होकर सागर की द्रोणियो (ocean basins) को भरता रहता है। इस जमाव का परिणाम सागर के तल का अवश्य ही ऊँचा उठायेगा। इसी प्रकार लहरो द्वारा तटो म काटा गया, पवन द्वारा स्थल से उड़ाया गया और हिमनदियो द्वारा समुद्र मे लाया गया मलबा जल के नीचे जमा होकर यही परिणाम उत्पन्न करता है। पौधो तथा जानवरो द्वारा समुद्र के जल स निकाला गया पदार्थ एव उनकी मृत्यु के उपरान्त कुछ पदार्थ उनकी शुक्तियो के रूप मे नितल पर जमा होकर भी समुद्र के तल को ऊँचा बनाने मे सहायक होते हैं क्योकि शुक्तियो (खोलो या ढाँचो) आदि द्वारा घिरा हुआ स्थान जल की मात्रा म आयी हुई उस कमी स, जो शुक्तियो के अगो (पदार्थो) का जल से निकालन म होती है, अधिक होता है। अवसादन (sedimentation) के कारण समुद्र के तल का उत्क्षेप (उठाव) विश्वव्यापी होगा।

अवसादन के कारण समुद्र का उठाव अत्यन्त मन्द गति से होता है, इतना मन्द कि वर्ष प्रतिवर्ष, या सम्भवतः एक जीवन की अवधि में भी वह स्पष्ट दिखाई नहीं पड़ पाता है। फिर भी, यदि विद्यमान स्थल का वर्तमान आकार के बराबर होना तो समुद्र में होने वाला तल का उठाव सैकड़ों मीटर होता जो विद्यमान भूमि के एक पर्याप्त भाग को डुबाने के लिए पर्याप्त होता और आकार के तल पर लाये गये स्तर के तो एक बहुत ही बड़े भाग को डूब जाना पड़ता। ऐसा विश्वास करने का कारण *यह है कि अधिकतर में विशाल क्षेत्र प्राय आकार के तल के बराबर रहे हैं।* अतएव स्थल का फैलाव एवं समुद्र के नितल का उठाव अतीत युगों में स्थल के विशाल क्षेत्रों के बार-बार डूबने में हो सकता है, अत्यन्त महत्त्वपूर्ण कारक रहे हों।

यह मान लिया गया है कि समुद्र में होने वाला वाष्पीकरण वृष्टि एवं नदियों द्वारा लाये गये जल के कारण लगभग सन्तुलित हो जाता है। यदि ऐसा ही है तो वाष्पीकरण (evaporation) एवं अवक्षेपण (precipitation) समुद्र के तल को प्रभावित नहीं करते हैं। किन्तु यदि समुद्र से वाष्प बने हुए जल की एक बड़ी मात्रा हिम के रूप में स्थल पर रह जाय, जैसा कि सम्भवतः हिमयुग में हुआ होगा, तो परिणामस्वरूप समुद्र का तल नीचा हो जायगा। दूसरी ओर हिम का पिघलाव समुद्र के तल को ऊँचा उठा देगा। हिमयुग की मात्रा ऐसी थी कि एक ओर उस मात्रा का समुद्र से निकलना तथा दूसरी ओर उसकी वापसी समुद्र-तल को प्रभावित करने में विशेष रूप से समर्थ रहे होंगे।

अन्त सागरीय ज्वालामुखीय बहिर्निःक्षेपण (सागरों के तलों में से ज्वालामुखी के लावा के बाहर निकलने की क्रिया) (Submarine volcanic extrusions)—समुद्र के तल के नीचे से निकलने वाला लावा भी समुद्र के तल को ऊँचा उठाता रहता है। इसी प्रकार से ही लैकोलिथ (lacolith) तथा अन्य अन्तर्भेदन (intrusions) भी ऐसा ही करते हैं।

भूपटल विरूपण (Diastrophism)—अवसादन (sedimentation—तल-छटीकरण—तलछट का नीचे तहों के रूप में जम जाना) एवं ज्वालामुखियों की क्रिया (vulcanism) ने अवश्य ही समुद्र के तलों में परिवर्तन किये हैं तथापि यह विश्वास नहीं किया जा सकता है कि केवल ये ही ऐसे कारण हैं जिन्होंने ऐसे परिवर्तन उत्पन्न किये हैं और न यही विश्वास किया जाता है कि समस्त कालान्तर में ये सबसे अधिक गम्भीर परिवर्तनों के कारण रहे हैं।

पृथ्वी के निरन्तर शीतल होने का एक परिणाम उत्तरोत्तर सिकुड़न भी रही है। बहुत सम्भव है कि पृथ्वी के भीतरी भाग की पदार्थ युगों से अपने आप को घन से घन यौगिकों (compounds) में एकत्र करता रहा है और इस कारण से उत्पन्न सिकुड़न शीतल होने की क्रिया से उत्पन्न सिकुड़न से अधिक हो सकती है। सिकुड़न के परिणामस्वरूप पृथ्वी के बाहरी भाग (पपड़ी) में विरूपण (deformation) हुआ है जिसके कारण लगभग वैसी ही है जो किसी सेव (apple) में रस के सूख जाने

पर झुरियाँ पडने के हान है। चूँकि सिकुडन स्थायी होती है, अत ऐसा ज्ञात होता है कि भूपटल की मन्द ऐंठन (warping) भी स्थायी होगी। परन्तु यह भी ज्ञात होता है कि पृथ्वी की कठोरता ऐसी हो सकती है कि उसके बाहरी भाग कुछ समय तक सिकुडन द्वारा उत्पन्न तनाव का विरोध करने मे समय हान है। चूंकि तनाव बढत जात है अत वे अन्त म विरोध का समाप्त कर देत हैं और भूपटल हार जाता है। यदि इस हार के कारण सागर की द्रोणी (ocean basin) का धँसाव होना है ता जल का तल नीचे चला जाना है और समीपवर्ती स्थल तव तक ऊपर उठते हुए ज्ञात होते ह जब तक कि वे उसी समय उतन ही नीचे न दब जायँ जितना नीचा समुद्र का तल दब जाता है। समुद्र के नितल के धँसाव के कारण समुद्र के तल का नीचा हो जाना सम्भवत स्थल के स्पष्ट दिखाई देने वाले उठाव का सबसे अधिक गहरा ही मूल कारण है।

भौमिकीय इतिहास (geological history) की अवधि (period) म महाद्वीपा के समय समय पर हान वाले उठाव (आवर्तिक निमज्जना के एकान्तर सहित—alternating with periodic submergences) सम्भवत इसी प्रकार से स्पष्ट किय जा सकत ह। दूसरी ओर, समय समय पर होन वाले (periodic) धँसाव का स्पष्टीकरण पृथ्वी के महाद्वीपीय खण्डा के धँसाव द्वारा किया जा सकता है अथवा इस प्रकार के धँसाव की उन अन्य विधियो के साथ, जिनका प्रसग पहले आ चुका है, और जा समुद्र के तल का ऊँचा उठाती ह।

स्थल के तल का परिवतन क्यो होता है? (Why the Land Changes Level?)

समुद्र के नीचे स्थलमण्डल के तल के परिवतनो के विषय मे दिये गये कारण समान रूप से ही भूखण्ड के विषय म भी लागू हो सकते है। यह सम्भव है कि युगा की अवधि म महाद्वीपा के उठाव की अपेक्षा निचाव या धँसाव अधिक होना है, किन्तु स्थल सागर की द्रोणिया की अपक्षा कम डूबत है। सागर की द्रोणिया का धँसाव मध्य के महाद्वीपीय क्षेत्र का भर सकता है और वही सिद्धान्त छोट क्षेत्रा के लिए भी लागू हो सकता है, जैसे महाद्वीपा के किनारे। इसके अतिरिक्त, ज्वालामुखी प्रदेशा मे, लावा का अन्तर्भेदन (intrusion—नितादन) तल को ऊँचा बना सकता है, जैसे किसी लिकोलिथ के ऊपर। तल के समीप तक उष्ण चट्टानो को लाना तल की चट्टाना का गरम कर देना ह और सम्भवत उनका विस्तार इतना बढा देना है कि वे उचित ऊँचाई तक पहुँच सके।

अतएव हमारा निष्कर्ष है कि अनेक तटा के समीप स्थल का स्पष्ट दिखाई दन वाला उठाव सम्भवत कुछ अश तक इन कारणा से है—(१) समुद्र का डुबाव या निमज्जन (sinking), अशत (२) समुद्र की तुलना मे समुद्र तटीय भूमि का अपेक्षाकृत कम डुबाव एव अशत (३) भूमि के स्वय के वास्तविक उठाव (rise) के कारण।

महाद्वीपो के भीतरी भागो (अन्तरगो) मे तल का परिवतन (Changes of Level in the Interiors of Continents)

सामान्य तथ्य (General facts)—तल के परिवतन कदाचित महाद्वीपा के

भीतरी भागों में भी उतने ही सामान्य हैं जितने कि तटों के समीप, यद्यपि उनका पता अधिक कठिनाई से लगता है। अनेक झीलों के चारों ओर उन्नत (ऊँचे उठे हुए) पुलिन (beaches) हैं, जैसे कि ग्रेटसाल्ट लेक एवं ग्रेटसाल्ट लेक्स के चारों ओर (चित्र ३२६)। झीलों के उठे हुए पुलिन झीलों के निचाव (lowering) के परिणाम होते हैं चाहे वह निचाव उनके निकासों (outlets) के नीचे की ओर कटाव के द्वारा हो और चाहे वाष्पीकरण के द्वारा। अतएव वे भूमि के उठाव को प्रकट नहीं कर सकते हैं। परन्तु उपर्युक्त दोनों दशाओं में प्राचीन तटरेखाओं को क्षैतिज रहना चाहिए। किन्तु अनेक झीलों के चारों ओर प्राचीन तटरेखाएँ समान नहीं हैं जैसी कि वे अपने निर्माण के समय रही होंगी। बोनेविल झील के चारों ओर की तटरेखाओं में से एक रेखा के कुछ भाग उसी समय के बने हुए अन्य भागों की अपेक्षा ९३ मीटर (३०० फुट) अधिक ऊँचे हैं। आण्टेरियो झील के पूर्वी छोर के समीप एक प्राचीन तटरेखा पश्चिम की ओर जाने पर झील के पश्चिमी छोर पर जल के नीचे होकर जाती है। इसी प्रकार के दृश्य सभी ग्रेटलेक्स के तटों के चारों ओर पाये जाते हैं, यद्यपि अधिकांश दशाओं में क्षैतिज अन्तर से उनका अन्तर उतना अधिक नहीं होता है। ऐसी कुब्ज तटरेखाएँ यह प्रकट करती हैं कि प्राचीन तटरेखाओं के निर्माण के समय से झील-द्रोणियों के चारों ओर का तल विकुंचित (warped—टेढ़ा) हुआ है।

पूर्ववर्ती तटरेखाएँ अनेक छोटी तथा मृत झीलों की एक ही कहानी कहती हैं। अगासीज झील की तट सीमाएँ एक अच्छा उदाहरण है।

स्तर के परिवर्तन अब भी हो रहे हैं। हाल के वर्षों के सही निरीक्षण एवं मापन ने स्पष्ट कर दिया है कि ग्रेटलेक्स का क्षेत्रफल उत्तर-पूर्व में ऊपर की ओर मुड़ रहा है और सापेक्षिक रूप में दक्षिण-पश्चिम में नीचे की ओर। इसकी दर प्रति शताब्दी प्रति सौ किलोमीटर में ०.२ मीटर से कम दिखायी गयी है।

विस्तार (Extent)—तल के परिवर्तनों के प्रमाण इतने व्यापक विस्तार के हैं कि यह कहा जा सकता है कि तल स्वयं में जो इस प्रकार स्थिर है कि सरलता से प्रमाण दे सकें पृथ्वी के तल के स्थिर रहने वाले भाग की अपेक्षा उसका वह भाग अधिक है जो हाल के समय में डूबता या उठता जा रहा है। यह तथ्य भूपटल की महान अस्थिरता की ओर संकेत करता प्रतीत होता है, किन्तु यह इस कथन द्वारा पूरा होना चाहिए कि सामान्यतः ये परिवर्तन बिना किसी प्रचण्ड विघ्न (disturbance—गड़बड़) के अत्यधिक मन्दता से होते हैं। यही संख्या की अपेक्षा सम्भवतः सचलन (movement) की मात्रा को प्रति वर्ष ०.०२ मीटर का कुछ अंश (fraction) ही गिनना चाहिए।

यह विश्वास किया जाता है कि पृथ्वी के बाहरी भाग की अस्थिरता यह प्रकट करती है कि पृथ्वी का बाहरी भाग उसके भीतरी भाग के साथ पूर्ण समायोजन (adjustment—व्यवस्था) नहीं रखता है और यह व्यवस्था का निरन्तर अभाव सम्भवतः पृथ्वी के निरन्तर सिकुड़ते रहने का ही परिणाम है।

Fig 380
Open anticlinal fold, near Hancock Md (*U S Geological Survey*)

Fig 381
Closed anticlinal fold near Levis Station, Quebec
(*U S Geological Survey*)

तल के प्राचीन परिवर्तन (Ancient changes of level)—प्राचीन तट-रेखाएँ एवं सागर-तटों से सम्बन्धित सभी विशेषताएँ कालान्तर में, अपक्षरण द्वारा नष्ट हो जाती हैं। किन्तु जो सचलन (movements) इतने समय पहले हुए थे कि तट रेखाओं के कोई भी चिह्न शेष नहीं है, यह तथ्य सत्य है। उदाहरण के लिए चट्टानों के स्तर जो कभी तलछट के रूप में (बालू कीचड़, आदि) समुद्र के नीचे जमे थे, अब विशाल क्षेत्रों के ऊपर समुद्र-तल से बहुत ऊँचे पाये जाते हैं। जैसे, मिसीसिपी की द्रोणी के नीचे की ठोस शिलाओं (चट्टानों) का अधिकांश समुद्र के नीचे तलछट के रूप में जमा हुआ था। वह स्थल सम्भवतः इस कारण से ही उठ गया है कि समुद्र की द्रोणी के नीचे डूब जाने से समुद्र का तल नीचा हो गया है। अपेलेशियन पवनों में उसी प्रकार से बनी चट्टानें कुछ हजार मीटर की ऊँचाई तक मिलती हैं। राकी पवनों में वे लगभग ४६०० मीटर (१० ००० फुट) या इससे भी अधिक ऊँचाई तक विद्यमान हैं। एण्डीज पवनों के सीमित क्षेत्रों में वे ६८०० मीटर (१६,००० फुट) की ऊँचाई अथवा अधिक ऊँचाई तक मिलती हैं तथा हिमालय पवनों में इससे भी अधिक ऊँचाइयों पर पायी जाती हैं। कम से कम ऐसे स्थानों में यह सम्भावना है कि भूपटल का वास्तव में उठाव हुआ है।

तल के सम्भावित परिवर्तन (Future changes of level)—स्थल एवं समुद्र के बीच तल के परिवर्तन असंख्य युगों तक केवल होते ही नहीं रहे हैं वरन् उनके होते रहने की भी सम्भावना है। स्थल की घिसावट (wear) एवं तलछट का समुद्र तक पहुँचना ऐसी क्रियाएँ हैं जो समुद्र-तल को ऊँचा उठाने का प्रयास करती हैं जैसा कि पहले कहा जा चुका है। इसके कारण समुद्र का क्षेत्रफल बढ़ता है और उसी अनुपात में स्थल का क्षेत्रफल कम होता है। अतीतकाल में सागर की द्रोणियों का अचानक ही इतना प्रतीत होना है, जिससे उनका विस्तार बढ़ गया और समुद्र का तल नीचे को खिसक गया और इस प्रकार सभी महाद्वीप ऊपर उठते हुए से जान पड़े तथा जहाँ तक इस समय देखा जा सकता है ऐसे परिवर्तनों के भविष्य में भी होने की सम्भावना है। औसत रूप में, सागर द्रोणियों के नीचे धँसकने के कारण समुद्र-तल का निचाव (lowering) सम्भवतः स्थल में अवसादन (sedimentation—तलछटीकरण) के कारण समुद्र तल के उत्थान (उठाव) की अपेक्षा अधिक रहा है। परिणाम यह है कि जैसे महाद्वीप पवन जल एवं हिम द्वारा नीचे किये गये हैं वैसे ही उनका कभी-कभी समुद्र के डुबाव (sinking) द्वारा भी नवीनीकरण (renewal) हुआ है।

घटनाओं के इस सामान्य क्रम में इस तथ्य की व्याख्या छिपी जान होती है कि यद्यपि वर्षा, नदियाँ एवं हिम द्वारा अपक्षरण (erosion) स्थल को आधार के तल (base-level) तक लाने का प्रयास करता है, और यद्यपि लहरों द्वारा अपक्षरण समुद्र के तल के नीचे ला उसको कम करने का प्रयास करता है तथापि स्थल नष्ट नहीं होता है।

चूँकि पृथ्वी के विशाल सागर-द्रोणी खण्ड स्थिर हो चुके हैं, अतः यह सम्भव

है कि उनके मध्य के छोटे महाद्वीपीय खण्ड उसी समय पच्चरित (wedged up) एवं सम्भवत विकुंचित (warped) तथा विरूप (deformed) हुए हो। इस क्रिया विधि से अनेक पर्वतों, पठारों तथा मैदानों की, जो द्वितीय क्रम की स्थलाकृतिक आकृतियां है व्याख्या निहित हो सकती है।

भूपटल का विरूपण (Crustal Deformation—रूप का बिगड़ना)

तल के परिवर्तनों के पूर्वलिखित विवेचन म पृथ्वी के बाहरी ठोस भाग के कतिपय विरूपण (deformations—रूपों का बिगड़ना या बदलना) सम्मिलित हैं। यह विरूपण कभी कभी निम्न स्वरूप धारण करता है

(१) हलका विकुंचन (gentle warping—हलकी ऐंठन), कभी-कभी (२) वलन (folding—मुड़ाव) और कभी-कभी अपने को (३) भ्रंशन या टूटन या दरारीकरण (faulting) में प्रकट करता है।

विकुंचन (ऐंठन) और वलन (मुड़ाव) (Warping and folding)—विकुंचन हलका हो सकता है, जिसके परिणामस्वरूप शिलाओं के स्तर (beds) तनिक

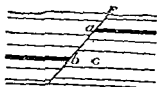



Fig 382
Diagram of a normal fault

Fig 383
Diagram of a reversed or thrust fault
(U S Geological Survey)

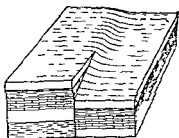



Fig 384
Fault passing into a mono clinal fold

Fig 385
A branching fault
(Powell, U S Geological Survey)

गोल हो सकते है अथवा झुक सकते हैं, अथवा वह इतना प्रचण्ड भी हो सकता है कि उठे हुए चाप (arches) मोड़ों (folds) म बदल सकते है (चित्र ३८० और ३८१)।

स्थल के अधिकांश शैलस्तर कम से कम हल्के रूप में विरूपित (deformed) हैं तथा वलन (मुड़ाव—fold) अनेक पर्वतीय प्रदेशों में एक सामान्य बात है, उन मैदानों में भी जो कभी ऊंचे थे, किंतु जो अपक्षरण (erosion) के कारण नीचे हो गये हैं।

विकुंचन (warping—ऐंठन) एवं वलन (folding—मुड़ाव) विशाल स्थल की आकृतियों को उत्पन्न करते हैं, किन्तु वलित चट्टान (folded rock—मुड़ी हुई चट्टान) के अधिकांश पर्वतों में वर्तमान तल का रूप मुड़ाव की अपेक्षा अपक्षरण से अधिक प्रभावित हुआ है। मुड़ाव (fold) के परिणामस्वरूप उत्पन्न होने वाली चट्टानों की रचनाओं ने, उनके परिस्थितियों में उस तल के रूप को निश्चित किया है अथवा अत्यधिक प्रभावित किया है जो अपक्षरण के फलस्वरूप उत्पन्न हुआ है।

भ्रशन (टूटन) (Faulting)—अनेक बार और अनेक स्थानों में भूतल के खण्ड किसी टूटे हुए तल (plane of fracture) के समीप नीचे दबे हैं अथवा ऊपर उठे हैं, जैसा कि **चित्र ३८२** और **३८३** में दिखाया गया है। **ऐसी गलियाँ भ्रंश** (fault—टूट) **कहलाती हैं। चित्र ३८२** एक सामान्य (normal) अथवा गुरुत्व (gravity) भ्रंश का द्योतक है और **चित्र ३८३** एक विपरीत अथवा उत्क्रम (reversed or thrust) भ्रंश का द्योतक है। पहला अपने निर्माण के समय तनाव (tension) का सूचक है और व्यवस्थापन (adjustment—समायोजन) गुरुत्व के नियंत्रण में होता है। दूसरा पार्श्विक उत्क्रम (lateral thrust) का सूचक है और व्यवस्थापन (समायोजन) स्वयं इसके नियंत्रण में होता है।

दोनों प्रकार के भ्रंश सामान्य होते हैं किन्तु द्वितीय प्रकार के भ्रंश केवल उन प्रदेशों में ही सामान्य होते हैं जहां शिलाएं वलित (folded—मुड़ी) हैं। **चित्र ३८३** ऐसे एक भ्रंश एवं एक वलन (मुड़ाव) के बीच के सम्बन्ध का सुझाव देता है। जो मुड़ाव एक स्थान में टूटा हुआ नहीं है वह एक विपरीत भ्रंश (reversed or thrust fault) की श्रेणी में आ सकता है (**चित्र ३८४**)। भूपटल के भ्रंशित खण्ड कुछ स्थानों में मुड़े हुए हैं। वे इस आकार एवं विस्थापन (displacement) के हो सकते हैं कि वे पर्वतों, द्रोणियों आदि को उत्पन्न कर सकें (**चित्र ३८५** एवं **३८६**)। संयुक्त राज्य के पश्चिमी पठारी प्रदेश में रॉकी पर्वतों एवं सियराज (Sierras) के बीच बहुत बड़े पैमाने पर सामान्य भ्रंशन (normal faulting) हुआ है तथा अनेक बार जो आकर्षित करने वाली स्थल की आकृतियां जिनमें अनेक पर्वत श्रेणियाँ एवं पर्वत खण्ड घाटियां सम्मिलित हैं ऐसी ही गतियों के फलस्वरूप उत्पन्न हुई हैं। पर्वत-खण्ड अथवा पर्वत-ढाल जो भ्रंशन के कारण हैं, **कगार-भ्रंश** (fault-scarps) कहलाते हैं। महाद्वीपीय खण्डों के किनारों पर ढलानी ढाल (steep slopes) कुछ दशाओं में सम्भवतः कगार-भ्रंश ही हैं। विशाल भ्रंश सम्भवतः एक ही सचलन (movement) के द्वारा विरचित नहीं होते हैं।

यद्यपि भ्रंश सामान्य प्राकृतिक दृश्य हैं तथापि केवल नवीन काल के भ्रंश ही आज तल की स्थलाकृति के रूप में दिखाई देते हैं। यद्यपि शिलाओं की बनावट एवं

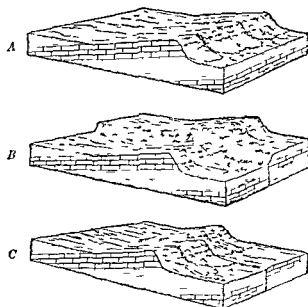



Fig 386
Diagrams to illustrate the history of a fault scarp *A* shows an unfaulted block with a line of cliffs due to the superior hardness of one formation *B* shows the same faulted, with a pronounced fault scarp *C* shows the fault scarp partly worn down (*Huntington and Goldthwait*)

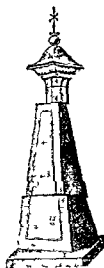



Fig 387
Monument distur bed by earthquake
(*Falb*)

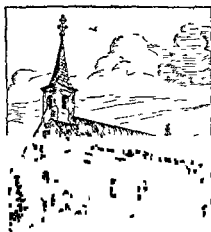



Fig 388
A chapel in Kasina injured in an earthquake of November 9, 1880
(*Wahner*)

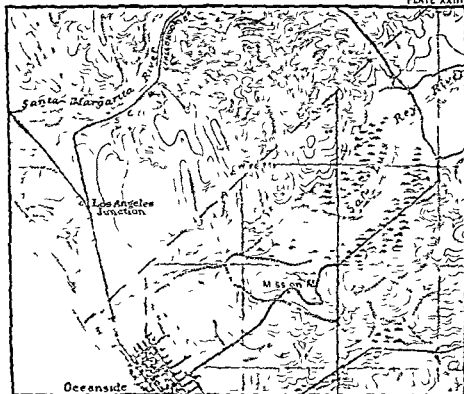
PLATE XXIII

A section of the California coast showing lands, near the coast which have recently emerged Scale 1+ mile per inch Contour interval 20 feet (Oceanside Cal., Sheet U S Geol Surv)

PLATE XXIV

Cushetunk and Round Mountains New Jersey examples of isolated mountains left by the removal of less resistant surroundings Scale 1+ mile per inch Contour interval 20 feet (High Bridge Sheet U S Geol Surv)

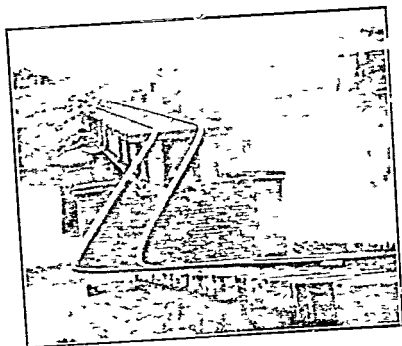



Fig 389
Horizontal and vertical displacement during an earthquake Bengal Assam earthquake of July 12 1897 (*From Dutton's Earthquakes by permission of G P Putnam's Sons*)

Fig 390
Great sea wave on the coast of Ceylon (*Sieberg*)

उनमें सम्बंधित भ्रंश अब भी अपने को प्रकट करते हैं, परन्तु पूर्वयुग के कगार भ्रंश (fault scarps) अब अपक्षरण (erosion) द्वारा मिट चुके हैं।

यद्यपि कगार-भ्रंश मिट चुके हैं, परन्तु अनेक दशाओं में भ्रंशों ने घाटियों की स्थिति का निर्धारण किया है जिसके कारण अनेक विद्यमान स्थलाकृतिक आकृतियाँ (topographic features) उनके साथ घनिष्ठ रूप से सम्बन्धित हैं।

भूकम्प (Earthquakes)

परिभाषा (Definition)—भूकम्प भूतल के वे प्रकम्प (tremours) अथवा कम्प (quakes) होते हैं जो मानव से असम्बन्धित क्रियाओं के कारणों से होते हैं। एक रेलगाड़ी की गति के कारण रेल के मार्ग के समीप का तल कम्पित (vibrate) होने लगता है और यह कम्पन (vibration) प्रायः पड़ोस के भवनों में अनुभव किये जाने के लिए पर्याप्त होता है। इस परिस्थिति में तल का हिलना भूकम्प नहीं कहा जाता है, किन्तु अज्ञात कारणों से उत्पन्न इतनी ही मात्रा का कोई कम्पन भूकम्प कहा

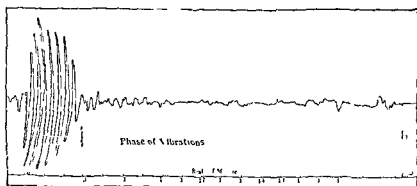



Fig 391
Seismogram of earthquake in Punjab India, April 4, 1905, showing the actual amount of movement
(De Montessus de Ballore)

जायगा, ऐसे कम्पनों का अनुभव विशेषतः पर्याप्त बड़े क्षेत्र के ऊपर किया जाता है।

भूकम्प की शक्ति एवं विनाश करने की सामर्थ्य (Strength and destruction of an earthquake)—भूकम्पों की शक्ति में बहुत अन्तर होता है। कुछ इतने मन्द होते हैं कि उनका अनुभव कठिनता से होता है, अन्य इतने प्रचण्ड होते हैं कि इमारतें ढह जाती हैं, स्थल के तल में दरारें (cleavages) फट जाती हैं एवं पर्वत खण्डों से शिलाओं के ढेर के ढेर शिथिल होकर नीचे की घाटियों में अपक्षरित (precipited) हो जाते हैं। भूकम्प यदा कदा सागर के जल को भी हिला डालते हैं जिससे विनाशक तरंग उत्पन्न हो जाती है।

संवेद्य (sensible—अनुभव किये जा सकने वाले) कम्पनों के अतिरिक्त

अनेक भू-प्रकम्प इतने तुच्छ होते हैं कि उनका अनुभव भी नहीं होता है। उनका ज्ञान केवल उस नाजुक यन्त्र द्वारा किया जाता है जो तल के समस्त कम्पनों का अंकन

Fig 392
The bending of railway track in India, earthquake of 1897 (*Oldham*)

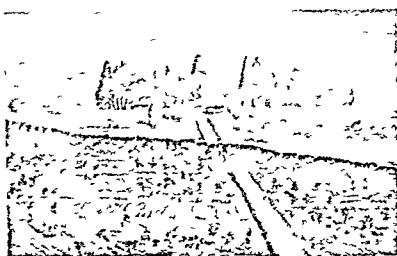



Fig 393
Fault in Japan 1891 (*Koto*)

(recording) करने के उद्देश्य से लगाया जाता है। इन प्रकम्पों की संख्या, जो इतने नगण्य होते हैं कि सामान्यतः उनकी ओर कोई ध्यान नहीं देता है, अनुभव योग्य पर्याप्त शक्तिशाली भूकम्पों की संख्या की अपेक्षा अत्यधिक बड़ी है।

यद्यपि कुछ भूकम्प जीवन तथा भवनों के लिए अत्यधिक विनाशक होते हैं तथापि तल के संचालन की मात्रा साधारणतया इतनी न्यून होती है कि वह मीटरों और सेण्टीमीटरों की अपेक्षा मिलीमीटरों में ही नापी जा सकती है। ठोस भूपटल की अपेक्षा तल पर स्थित पिण्ड (bodies) पर्याप्त अधिक गतिवान हो सकते हैं। शिला एवं उस पर स्थित पदार्थ की गति के बीच का अन्तर इस बात से स्पष्ट हो जाता है कि फर्श के ऊपर चोट मारने से कोई गेंद, जो उस पर पड़ी हुई हो, कई

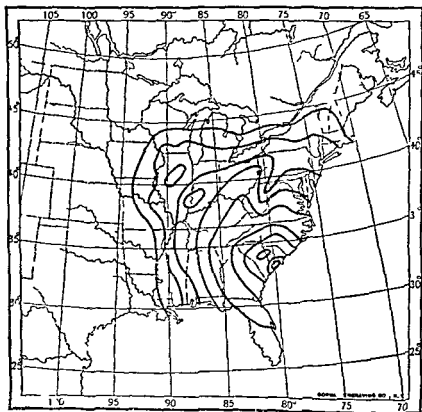



Fig 394

सेण्टीमीटरों तक भी उछल सकती है यद्यपि फर्श स्वयं एक सेण्टीमीटर के छोटे अंश तक ही गतिशील होता है।

यद्यपि भूकम्प अधिकतम विनाशक एवं भयानक प्राकृतिक घटनाओं में से एक हैं तथापि जहाँ तक मानवीय कार्यों का सम्बन्ध है, कम से कम ऐतिहासिक युगों के कम्पों ने भूतल पर कोई महत्त्वपूर्ण चिह्न नहीं छोड़े हैं। उनकी मानव-जीवन को

नष्ट करने की शक्ति प्रधानतया भवनों के गिराने एवं 'विशाल सागर-तरंगों' को उत्पन्न करने में निहित है। किसी घने बसे हुए निचले तट के ऊपर इन तरंगों के बढ़ आने से जीवन का नाश होता है। लिसबन (Lisbon) के १७५५ के भूकम्प में एक १८.२८ मीटर (६० फुट) ऊँची लहर तट पर फैल गयी और उसने लगभग ६०,०००

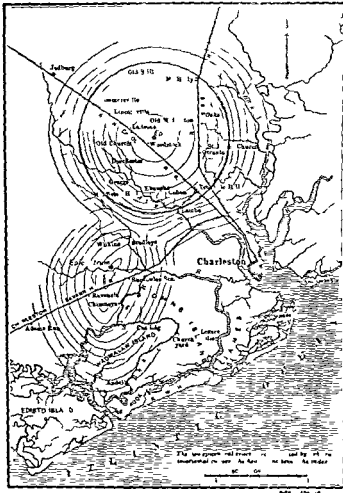



Fig 395
Epicentral tracts (i e tracts over the centers of disturbance) of the Charleston earthquake with isoseismal lines (*Dutton U S Geological Survey*)

मानव-जीवनों को नष्ट कर डाला। भूकम्पों द्वारा अनेक बार बन्दरगाह में पड़े हुए जहाज लहरों द्वारा तट के ऊपर पहुँचा दिये गये हैं और लहर के लौट जाने पर जल-तल से ऊपर उच्च एवं शुष्क भूमि पर छोड़ दिये गये हैं।

उदाहरण (Examples)—भूकम्पों की कुछ प्रधान विशेषताएँ कतिपय ध्यान देने योग्य उदाहरणों के अध्ययन द्वारा स्पष्ट की जा सकती हैं

(१) सन १८९१ में २८ अक्टूबर को जापान के प्रमुख द्वीप पर एक भूकम्प ने एक दरार फाड़ दी जो ६४४ किलोमीटर (४० मील) से अधिक दूरी

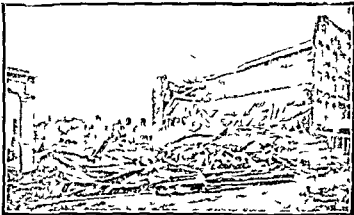
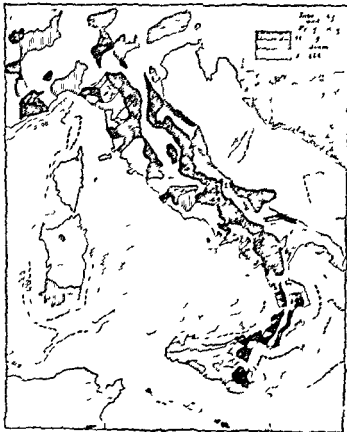



Fig 396
A wreck of the Charleston earthquake
(*U S Geological Survey*)

Fig 397
A large craterlet formed during the Charleston earthquake
Hundreds of them were formed near Summerville S C
(*U S Geological Survey*)

तक विचित्र कोलाहल तथा पृथ्वी के किंचित कम्पन का अनुभव किया गया था, किन्तु उनसे किसी महान हानि की आशका नहीं हुई थी। उस दुर्भाग्यपूर्ण दिवस की सध्या को लगभग १० बजे एक धीमी गडगडाहट की ध्वनि सुनाई दी जो शीघ्र ही भयकर कोलाहल म बदल गयी। भूमि का कम्पन कुछ और भी अधिक रूप म बढता गया,

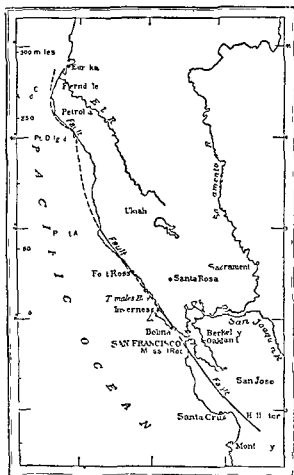



Fig 399

Map showing the position of the San Francisco earthquake fault The position of the line north of Point Arena is uncertain (*Gilbert*)

यहा तक कि वह विनाशकारी रूप म प्रचण्ड हो उठा। गति फिर कुछ मन्द पड गयी किन्तु पुन उसकी तीव्रता मे वृद्धि हो गयी और फिर वह शान्त भी हो गयी। यह प्रचण्ड उपद्रव ७० सैकिण्डा तक रहा। एक दूसरा धक्का लगभग पहले वाले के समान ही भयानक, आठ मिनट के पश्चात हुआ और ६ या ७ छोटे बडे धक्के

प्रात काल होने तक अनुभव किये जाते रहे और छोटे-छोटे कम्पन अगली अप्रैल तक रुक-रुककर समय-समय पर आते रहे। धक्कों के समय इमारतें हिलती थीं, चिमनियाँ नीचे गिरती थीं, दीवारें फटती थीं, भवन अपनी नीवों से खिसकते थे, रेलों के भाग अपने स्थान से हटते थे तथा रेल की पटरियाँ मुड़ जाती थीं और वृक्ष भूमि पर गिरते थे। पृथ्वी में अनेक दरारें फट पड़ी थीं और उनमें से कुछ में से पानी, कीचड़ एवं बालू की सरिताएँ बलपूर्वक फूट निकली थीं। समस्त नगर में शायद ही कोई भवन ऐसा बचा हो जिसे क्षति न पहुँची हो। इसमें २७ व्यक्ति मर गये थे, मरण मुख्यत गिरते हुए भवनों के नीचे दबने से हुआ था। भय के कारण लोग अपने घरों से भाग गये थे। कई दिनों एवं रात्रियों तक जनसंख्या का एक बड़ा भाग सार्वजनिक बगीचों में कैम्पों में पड़ा रहा।

चार्ल्स्टन के पड़ोस से बाहर भूकम्प का धक्का कम प्रचण्ड था, किन्तु कम्प का अनुभव ५०,००,००० एवं ७०,००,००० वर्ग किलोमीटर (२०,००,००० और ३०,००,००० वर्ग मील) के बीच के क्षेत्रफल में हुआ था। सर्वप्रथम इसका अनुभव चार्ल्स्टन के समीप हुआ था बाद में नगर से निरन्तर बढ़ती हुई दूरी पर हुआ। धक्कों की तीव्रता चार्ल्स्टन से बढ़ती हुई दूरी के साथ ही साथ कम होती चली गयी (चित्र ३९४)। उपद्रव के केन्द्र दो थे (चित्र ३९५) तथा भूकम्प की तरंग लगभग प्रति मिनट २४० किलोमीटर (१५० मील) की दर से फैली थी।

चार्ल्स्टन के समीप कोई ज्वालामुखी नहीं था तथा यह भूकम्प किसी ज्वालामुखीय उद्गार से सर्वथा स्वतन्त्र रूप में घटित होता हुआ ज्ञात होता है।

(३) सन् १८२२ में तथा पुन सन् १८३५ में चिली देश (दक्षिणी अमरीका) का तट १६३० किलोमीटर (१००० मील) तक भूकम्पों से कम्पित हुआ था। दोनों ही वर्षों में कई महीनों तक धक्के लगातार चलते रहे। जब वे समाप्त हुए तो यह पता चला कि तटीय भूमि ० ६ मीटर से १ २ मीटर (२ से ४ फुट) तक ऊँची उठ गयी थी। १८३५ में तट पर भूकम्प के धक्कों के समय समुद्र के नीचे एक ज्वालामुखी फूट पड़ा था, और

Fig 400
The fault line (gash) 6½ kilometres west of the fault line east of Half Moon Bay
(*Photo by Dudley*)

सैन फर्नाण्डेज द्वीप तथा एण्डीज के अनेक ज्वालामुखी जाग्रत हो गय थे। अगस्त १९०६ मे वही प्रदेश पुन भयानक रूप से हिल गया था जिसमे देश के कुछ प्रधान नगरो मे धन जन का महा विनाश हुआ था। वालपैराइजो म ध्वस्त भवनो के अवशेष बहुत दिना तक देख गय थे।

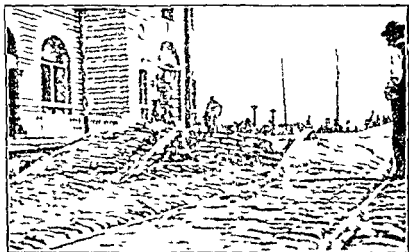



Fig 401
Deformed railway, Seventh and Mission Streets San Francisco
(*Lindgren U S Geological Survey*)

Fig 402
A fissure on East Street San Francisco near the water front
'Made' ground (*Lindgren U S Geological Survey*)

(८) सन् १८१९ म सिन्धु नदी के डेल्टा के एक भाग मे चार दिनो तक धक्का के एक क्रम का अनुभव हुआ था। उपद्रव की अवधि म लगभग ४,५००

वर्ग किलोमीटर (२,००० वर्ग मील) के विस्तार का एक क्षेत्र नीचे दब गया और वह स्थान समुद्र के गर्त मे चला गया जबकि उसके पड़ोस की एक पट्टी ८० किलो-

Fig 403
A water pipe buckled out of the ground by the earthquake Alpine road, Portola Valley, Cal (*Photo by Dudley*)

मीटर (५० मील) लम्बी, २६ किलोमीटर (१६ मील) चौड़ी और लगभग ३ मीटर (१० फुट) ऊँची उठ गयी थी।

(५) भारत मे अप्रैल १९०५ में कांगड़ा के भूकम्प ने लगभग ३२,०० ००० वर्ग किलोमीटर (१६,२५,००० वर्गमील) के क्षेत्रफल को प्रभावित किया था और लगभग २०,००० व्यक्तियो की मृत्यु हुई थी। इस घटना में कँपकपी (कम्पन) दो केन्द्रों से फैली थी और प्रति सैकिण्ड लगभग ३ किलोमीटर (२ मील) की गति से उठी थी। १८९७ में भी यही प्रदेश कम्पित हुआ था।

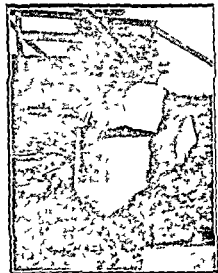



Fig 404
County Bridge, Pajaro River, Chittenden Cal
(*Photo by Dudley*)

(६) भूकम्प के धक्कों की एक शृंखला ने सन् १८११ १८१२ और १८१३ में मिसीसिपी घाटी को ओहियो नदी के मुहाने के ठीक नीचे प्रभावित किया था। मिसीसिपी के बाढ़ के मैदान (flood plain) के निक्षेपों (depositions) में अनेक दरारें बन गयी थीं और उनमें से कुछ, वर्षों तक खुली पड़ी रही थीं। बाढ़ के मैदान के कुछ भाग नीचे को धँसक गये और इन धँसते हुए भागों में दलदल तथा झीलें बन गयी जिनमें से कुछ आज भी शेष हैं। डूबे हुए वृक्षों के तने

कुछ स्थितियों में उन झीलों तथा दलदलों के जल के ऊपर बहुत समय तक खड़े रहे हैं। अपलेशियन के पश्चिमी भाग में बना हुआ आरलियन्स नाम का भाप से चलने वाला सबसे पहला जहाज इस भूकम्प में न्यू मैड्रिड (Mo) में नष्ट होने से बाल बाल बचा था।

(७) सन १८१२ में वेनेज्वेला में काराकास को नष्ट करने वाले एक प्रचण्ड भूकम्प में लगभग १०,००० व्यक्ति मारे गये थे।

(८) दक्षिणी इटली में भूकम्प अत्यन्त विनाशक रहे हैं। यहाँ १६८८ में लगभग २०,०००, १६९३ में ६०,००० तथा १७८३ में ३२,००० जीवन नष्ट हुए थे। कुल मिलाकर एक ही शताब्दी में लगभग २,००,००० जीवन नष्ट हुए थे।

(९) १८ अप्रैल, १९०६ को सैनफ्रांसिस्को में तथा उसके आसपास कैलीफोर्निया के तट पर एक विनाशकारी भूकम्प आया था। सनफ्रांसिस्को तथा अन्य स्थानों में

Fig 405
Tree uprooted by the earthquake Searsville road, Cal
(*Photo by Dudley*)

भूकम्प द्वारा अनेक भवनों को क्षति (हानि) पहुँची थी और कुछ वास्तव में नष्ट हो गये थे। धक्का के बाद सैनफ्रांसिस्को में विभिन्न स्थानों पर आग लग गयी थी। चूंकि कम्पन के कारण पानी के नल टूट गये थे और नगर की जल प्रदाय (water supply) व्यवस्था कट गयी थी, अतः आग की लपटों को शान्त करने के लिए जल प्राप्त नहीं हो सका था और नगर का एक विशाल भाग जल गया था। ऐतिहासिक युग में उत्तरी अमरीका में सबसे अधिक विनाशकारी भूकम्प एक क्षैतिज भ्रंश (horizontal fault) के कारण हुआ था जो २.५ मीटर से ६ मीटर (८ से २० फुट) या अधिक का था और जिसका चिह्न शीघ्र ही करीब ४८३ किलोमीटर

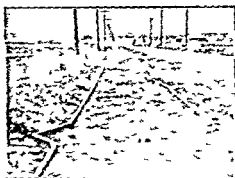



Fig 406
Track of electric railway between South San Francisco and San Bruno Point (*Photo by Moran*)

Fig 407
A street railway on loose ground Union Street, near Pierce Street (*Photo by Moran*)

Fig 408
The Agassiz statue Stanford University (*Branner*)

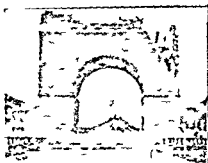



Fig 409
The great arch, Stanford University (*Branner*)

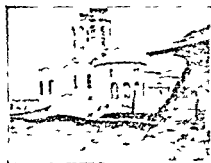



Fig 410
The University Chapel Stanford University (*Branner*)

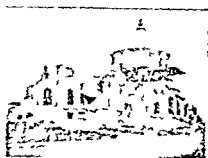



Fig 411
The Library, Stanford University (*Branner*)

(२०० मील) तक मिला था। चित्र ३९९ से ४०५ तक मे इस उपद्रव की कुछ घटनाए दिखायी गयी है।

सागर के नितल से प्रारम्भ होने वाले भूकम्प (Earthquakes starting beneath the sea)—ऐसा प्रतीत होता है कि भूकम्प कभी कभी समुद्र के नीचे म भी प्रारम्भ होते है और वहा से स्थल भाग म फैल जाते है। समुद्र के निचले भाग मे भूकम्प के समय होने वाले परिवर्तनो के विषय म शायद ही स्पष्ट जानकारी हो पाती है, किन्तु कुछ दशाओ मे उनके विषय म कुछ तथ्य विदित है। यह विशेषत उन भूकम्पो के प्रसग मे सत्य है जो ग्रीस (यूनान) के तट के समीप घटित हुए है, क्योकि कई स्थितियो म समुद्री तार (cables) टूट गये है, और उनकी मरम्मत के समय पानी की गहराई नापने मे जो कुछ हुआ था उसका सकेत मिला है। एक

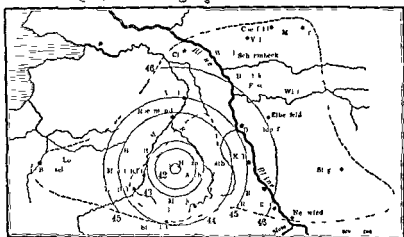



Fig 412

Coseismic (at the same time) lines for each minute Herzogenrath (Germany), earthquake of October 22, 1873 (*Lasaulx*)

स्थान पर समुद्री तार की मरम्मत करने वाले एक जहाज के अगले तथा पिछले भागो से जल की गहराई नापते समय दोनो ओर की गहराइयो मे ४५७ मीटर (१५०० फुट) से अधिक का अन्तर मिला बताया गया है। पहले जब वहा समुद्री तार डाला गया था तो समुद्र का नितल लगभग समतल था।

भूकम्प-तरग (The earthquake wave)—जैसे पानी की लहर किसी केन्द्र के चारो ओर फैलती है, लगभग उसी भाति भूकम्प की लहर भी तल के ऊपर साधारणत फैलती है। इसी कारण हम **भूकम्प की तरग** कहकर उसका उल्लेख करते है। वास्तविक गति तरगाकार ही होती है, किन्तु यह तरग किसी जल तरग से भिन्न होती है, यद्यपि दोनो म कुछ समानताएँ भी पायी जाती है। किसी भूकम्प तरग का केन्द्र एक रेखा, एक मेखला (belt—करधनी) अथवा एक बिन्दु हो सकता है, और अनेक दशाओ म इसकी स्थिति (location) का पता सरलता से नही लगाया जा सकता है।

उत्पन्न करने के लिए अति मन्द है, किन्तु स्थानीय रूप में तथा समय समय पर वे स्पष्ट कम्पन (quakings) उत्पन्न करने के लिए पर्याप्त है।

भूकम्प से उत्पन्न तल परिवर्तन (Surface changes caused by earth quakes)—भूकम्पो द्वारा स्थल के तल में किये गये अनेक परिवर्तन हैं, यद्यपि वे सब महत्त्वपूर्ण नहीं हैं। विदर (cracks) एवं दरारें (fissures) तथा तल के उठाव एव धँसाव, जिनका उल्लेख पहले किया जा चुका है, वे अतिरिक्त जल के निकास का मार्ग (drainage—अपवाह) प्राय अस्त व्यस्त हो जाता है। ऐसा अंशत विदरों एवं दरारों के कारण होता है जो तल में फट पड़ती हैं, और अंशत अन्य कारणों से भी होता है। यदि कोई खुली हुई दरार किसी सरिता के मार्ग के आरपार विकसित होती है तो नदी धार उसमें प्रवेश कर जायगी, झरने अस्त-व्यस्त हो जायेंगे, पुराने झरनों का प्रवाह बन्द हो जायगा और नवीन झरने निकल पड़ेंगे। ऐसा सम्भवत इस कारण होता है कि भूकम्प की गति तल के नीचे की चट्टान को तोड़ देती है और इस प्रकार भूमिगत जल के प्रवाह का मार्ग परिवर्तित हो जाता है। अस्थायी फव्वारों के समान झरने कभी कभी बन जाते हैं जिनमें होकर जल प्रचण्ड रूप में ऊपर उछलता है। कुछ भूकम्प भूमि स्खलन (land slides) उत्पन्न करते हैं और यदि किसी पर्वत के पार्श्व से पदार्थ नीचे खिसकता है तो वह नीचे की घाटी को इस प्रकार रोक देता है कि उसके जल का निकास अस्त व्यस्त हो जाता है।

किन्हीं किन्हीं दरारों और छोटे छेदों से होनिकर गैसें भी निकलती है। कुछ दशाओं में भूकम्प के समय नीचे से आने वाली शिथिल (ढीली) बालू दरारों में भर जाती है।

भूकम्प तरंगें जल के जीवों पर एक विचित्र विनाशकारी प्रभाव डालती हैं। अनेक स्थितियों में यह उल्लेख मिलता है कि नदियों, खाडियों तथा महासागरों के भी जीवधारी किसी भूकम्प के समय असाधारण संख्या में मारे जाते हैं।

मानचित्र-कार्य—स्थलाकृतिक मानचित्रों की व्याख्या में अभ्यास १७ देखिए।

९

प्राकृतिक भूवृत्तिक आकृतियों का उद्भव एवं इतिहास

(ORIGIN AND HISTORY OF PHYSIOGRAPHIC FEATURES)

भूवृत्तिक (physiographic) विधियों के पूर्ववर्ती अध्ययन द्वारा हम अब तक जो ज्ञान प्राप्त हुआ है उसके आधार पर अब हम प्रधान भूवृत्तिक प्रकारों (types) को दुहरा सकते हैं।

मैदान
(Plains)

मैदान, जो स्थल तल के तीन विशाल विभागों (पहाड़, पठार और मैदान में से एक हैं, विभिन्न प्रकारों से उत्पन्न हुए हैं। उनकी दशाओं में उनके पदार्थों में प्रकट होता है कि वे कभी समुद्र के नीचे थे। इस दृष्टि से वे (१) ऊपर को झुक गये

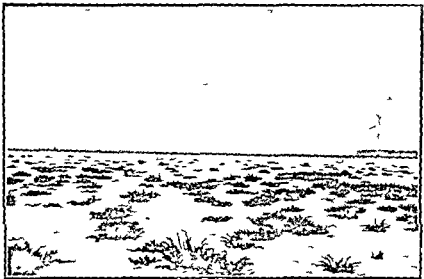



Fig 417

Arid plain Western United States A mesa or plateau at the right
(U S Geological Survey)

(bowed up), (२) ऊपर को भ्रंशित हो (टूट) गये (faulted), या (३) इस प्रकार से बने (built up) कि वे जल से बाहर निकल आये, अथवा (४) समुद्र के तल से नीचे खिसक गये (drawn down) और सूख गये। मैदान इस भाँति भी बने हैं कि

(४) पठार अथवा पवत घिसकर नीचे हो गये। अनेक स्थितिया म इन विधियो म से दो अथवा अधिक विधियां मैदान के विकास मे सयुक्त रूप स (jointly) क्रियाशील रही है।

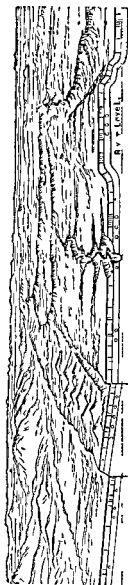



Fig 418
Bird's eye view of Colorado Plateau (Powell)

जब मैदान विकसित हो जाते है तो (१) क्रम स्थापन (gradation) द्वारा परिवर्तित होते है। सभी मैदान वायु द्वारा परिवर्तित होते रहते है, अधिकाश मैदानो का परिवर्तन सरिताओ द्वारा होता है और कुछ म हिमनदियो के अपक्षरण द्वारा होता है, (२) कुछ मैदानो का पटल विरूपण (diastrophism) विकृत (deformed) कर देता है, अथवा (३) ज्वालामुखियो की क्रिया कुछ स्थितियो मे लावा के प्रवाह द्वारा मैदानो को ऊँचा कर देती है, अथवा ज्वालामुखी के शकुओ के विकास मैदानो को विभिन्न रूप प्रदान करते है।

विस्तृत विस्तार के सभी विद्यमान मैदान इन सभी विधियो द्वारा अथवा इनम से कुछ के द्वारा परिवर्तित हुए है। उदाहरण के लिए पूर्वी सयुक्त राज्य के तटीय मैदान जो ऊँचे उठने की क्रिया (aggradation) और पटल विरूपण (diastrophism) द्वारा विकसित हुए है, पर्याप्त मात्रा म अपक्षरण (erosion) द्वारा परिवर्तित हुए हैं, और शायद वे अपनी उत्पत्ति के समय मे ही कुछ-कुछ विकुचन (warping—ऐंठन) द्वारा भी परिवर्तित हुए है। सयुक्त राज्य का विशाल भीतरी मैदान वर्षा एव सरिताओ क अपक्षरण द्वारा अत्यधिक परिवर्तित हुआ है, और यह मैदान उत्तर की ओर हिमाच्छादन (glaciation) द्वारा परिवर्तित हुआ है। जैसा कि पहले दिखाया जा चुका है कि इन विधियो के कारण अनेक छोटे आकार की आकृतियो (minor features) का विकास हुआ है। बहते हुए जल द्वारा घाटियां बन गयी है और इस क्रिया म पवत, शाखाएँ तथा पहाड़ियां छांट दी गयी है। महाद्वीपीय हिमनदियो ने टीलो (mounds), पहाड़ियो (hills) और कटको (ridges), और उन अनियमित (irregular) गर्तो (depressions) का निर्माण किया है जिनके आकार केतली (kettle—चाय पात्र) अथवा सकारे (saucer) अथवा द्रोणी गत (trough) के समान होते है। इन गर्तो म से अनेक गर्तों ने झीलो (lakes) जलाशयो (ponds)

और दलदला (marshes) के रूप धारण कर लिए हैं। इस प्रकार से परिवर्तित भूमि कभी-कभी **हिमनदियों के मैदान** (glacial plains) कहलाती है। बड़ी बड़ी घाटियों के नितल (bottoms) में **नदियों के मैदान** (river plains) विकसित हो गये हैं, तथा उन अनेक झीलों के आसपास, जिनकी द्रोणियाँ (basin) अशतः भर चुकी (filled) हैं अथवा जिनके तल उनके जल के निकास मार्गों (outlets) के निचाव द्वारा नीचे खिसक गये हैं, **सरोवरीय मैदान** (laustrine plains) विकसित हो गये हैं। इसी प्रकार के मैदान उन अनेक पुरानी झीलों के स्थल में स्थित हैं जो कि अब विलुप्त हो गयी हैं। नदियों के मैदान (river plains) एवं सरोवरीय मैदान छोटे प्रकार के मैदान हैं। इनमें से कोई सा भी मैदान बड़े-बड़े क्षेत्रों के मैदानों में अथवा पठारों एवं पहाड़ों में विकसित हो सकता है।

क्रम-स्थापन (gradation) द्वारा उत्पन्न परिवर्तनों के अतिरिक्त भीतरी मैदान (संयुक्त राज्य) सम्भवतः पटल विरूपण (diastrophism) के अलक्ष्य प्रभावों (unobtrusive expressions) द्वारा भी कुछ अंश तक परिवर्तित हुआ है।

पश्चिम (West) के विभिन्न मैदान ज्वालामुखियों से निकले हुए पदार्थ (ejection of volcanic matter), क्रम-स्थापन (gradation) एवं पटल-विरूपण द्वारा परिवर्तित हुए हैं और अधिकांश मैदान कुछ सीमा तक पवन द्वारा प्रभावित हुए हैं।

पठार

(Plateaus)

पठार उन विधियों में से कुछ क्रियाओं द्वारा उत्पन्न हो सकते हैं जिनके कारण मैदानों की उत्पत्ति होती है (अध्याय प्रथम)। पर्याप्त ऊर्ध्व समावलन (sufficient up warping—ऊपर को उठने की क्रिया) अथवा उस प्रकार का ऊर्ध्व-स्फानारूप (up-wedging—फच्चर क्रिया) जो मैदानों को उत्पन्न करता है पठारों को भी जन्म दे सकता है। इसी प्रकार पर्याप्त भू संरचना (up building) भी विशेषतः लावा प्रवाहों द्वारा, पठारों का निर्माण कर सकती है। यह सन्देहयुक्त है कि कभी समुद्र तल किसी समय इतना नीचा हो गया हो कि तटीय मैदान पठारों में परिवर्तित हो गये हों, और पठार ऊँची भूमि के नीचे होने से नहीं बने हैं। अस्तित्व में आ जाने के पश्चात् पठार उन सभी विधियों द्वारा आपरिवर्तित (modified) होते हैं जो मैदानों को आपरिवर्तित करती हैं। सभी विद्यमान पठार इनमें से कुछ विधियों द्वारा प्रभावित हुए हैं तथा अधिकांश पठार उनमें से कई विधियों द्वारा। अपनी पर्याप्त ऊँचाई के कारण पठारों की उद्भृति (relief) मैदानों की उद्भृति की अपेक्षा अधिक विशाल है।

पर्वत

(Mountains)

स्थलाकृतिक आकृतियों (topographical features) के रूप में पर्वतों का कुछ अध्ययन (अध्याय ? में) पहले किया जा चुका है किन्तु उनसे सम्बन्धित कुछ बातों पर अच्छी तरह विचार तब तक नहीं किया जा सकता था जब तक कि

ज्वालामुखीयता एव पटल विरूपण की विधियों की रूपरेखा का ज्ञान न हो जाय। अब हम उन विभिन्न स्वरूपो पर ध्यान दे सकते हैं जिन्हे पवत ग्रहण करते हैं। उनका समूहीकरण (grouping) कैसे होता है, उनकी सरचना (structure) क्या है, और प्रकृति के राज्य मे वे किन उद्देश्यो की पूर्ति करते है।

Fig 419
Dome shaped mountain in the Uinta Mountains (*Church*)

पवतो की परिभाषा इस प्रकार की गयी है कि वे स्थल के ऐसे पुज (समूह) हैं जो अपनी पर्याप्त ऊँचाई के कारण अपने पास-पड़ोस की अपेक्षा अत्यन्त स्पष्ट होते है, किन्तु उनके शीर्ष पर के तल का विस्तार अधिक नही होता है। यह ध्यान रखना चाहिए कि विशाल शीर्ष वाले पवतो तथा छोटे पठारो के बीच मे सभी प्रकार के क्रम स्थापन (gradations) मिलते हैं।

जिन लोगो ने कभी पवत नही देखे है किन्तु पहाडियाँ और कटक (ridges) देखे है, वे पवतो के विषय मे यह सोचकर कोई धारणा बना सकते है कि वे उन पहाडियो तथा कटको के समान होते है जो अपने पास पडोस मे बहुत ऊँचे ज्ञात होते है। उनमे से कुछ अपने पास पडोस से केवल कुछ सौ मीटर ही ऊँचे है जबकि अन्य अनेक हजार मीटर ऊँचे होते है। जैसा कि पहाडियो एव नीचे कटको के विषय मे होता है, वैसे ही कुछ पवतो के ढाल प्रपाती (steep) और कुछ के हलके होते है।

कोई एकाकी पवत (single mountain—अकेला पवत) एक बडी पहाडी हो सकता है (चित्र ४१९, पट्ट २४), किन्तु एक बडी पहाडी एव एक छोटे पवत के मध्य सभी प्रकार के क्रम स्थापन (gradations) होते है। किसी एकाकी (अकेली) ऊँचाई को पहाडी कहा जाय अथवा पवत यह निणय उसके पास-पडोस पर निभर होता है या उन लोगो के निणय पर निभर होता है जिन्होने उसका नामकरण किया है। एक एकाकी पवत का सम्बन्ध किसी पवतीय प्रदेश के साथ वही होता है जो कि किसी पहाडी का सम्बन्ध एक पहाडी प्रदेश के साथ हो सकता है।

कोई पर्वत एक ऊँची पहाड़ी न होकर एक ऊँचा कटक हो सकता है (पट्ट २५)। एक पर्वत कटक प्रायः एक **पर्वत श्रेणी** (mountain range) कहलाता है। किसी पर्वत श्रेणी का शिखर लगभग समतल हो सकता है (पट्ट २८), या इसका शिखर उच्च बिन्दुओं की एक शृंखला (series—लड़ी) हो सकती है जो अलग एक दूसरे से गर्ता द्वारा अलग हों (पट्ट २६)। किसी पर्वत श्रेणी अथवा कटक के दोनों ओर के ढाल अर्थात् समान हो सकते हैं या वे अति असमान भी हो सकते हैं (चित्र ४२०)।

Fig 420
An asymmetrical mountain ridge

एक पर्वत-समूह (mountain group) विभिन्न अथवा अनेक पर्वत शिखरों (peaks) अथवा छोटे पर्वत कटकों को मिलाकर बनता है। कैटस्किल (Catskill) पर्वत और ब्लैक हिल्स (Black Hills) इसके उदाहरण हैं।

एक पर्वतमाला या पर्वत तन्त्र (A mountain chain or mountain system)—एक लम्बाकार (elongate) पर्वत समूह होता है, जो अनेक एकाकी (single) पर्वतों या पर्वत श्रेणियों (mountain ranges) अथवा दोनों से मिलकर बना होता है। प्रत्येक पर्वत श्रेणी साधारणतया एक सामान्य दिशा में स्पष्ट रूप से फैली रहती है। अपेलेशियन पर्वतमाला (mountain system) इसका एक उदाहरण है (चित्र २१, पृष्ठ २६)। कुछ पर्वत तन्त्र (mountain systems) जैसे कि आल्पस अन्य तन्त्रों की अपेक्षा किसी एक दिशा में अधिक लम्बे नहीं हैं। किसी पर्वत तन्त्र की अधिक स्पष्ट ऊँचाइयों को अलग अलग नाम होता है, और उनमें से प्रत्येक एक पर्वत होती है।

पर्वतों का वितरण (Distribution of mountains)—किन्हीं किन्हीं महाद्वीपों में अधिक प्रसिद्ध पर्वत भीतरी भागों की अपेक्षा स्थल के किनारों की ओर हैं। किन्तु यह ध्यान रखना चाहिए कि उन कुछ महाद्वीपों में भी जहाँ यह बात सत्य है सभी पर्वत समुद्र के तट के ही समीप नहीं हैं। उदाहरण के लिए, उत्तरी अमरीका के पश्चिमी भाग में कुछ अपेक्षाकृत ऊँची श्रेणियाँ पैसिफिक महासागर से लगभग १,६०० किलोमीटर (१,००० मील) की दूरी पर हैं तथा पूर्वी पर्वतों के कुछ भाग एटलान्टिक से लगभग ६४८ किलोमीटर (४०० मील) दूर हैं। दक्षिण में महाद्वीप के मैदान भाग में समस्त भूमि लगभग पर्वतीय ही है।

दक्षिणी अमरीका में एण्डीज नामक उच्च पर्वत एक पट्टी में सीमित है जो

तट के समीप चौडाई मे कदाचित ही ४८० किलोमीटर (३०० मील) मे अधिक है। पूर्वी भाग म कुछ अपेक्षाकृत नीचे पवत समुद्र-तट स दूर है।

अफ्रीका म उच्चतम पवत महाद्वीप क दक्षिण पूर्वी तट के समीप है। उत्तर-पश्चिमी सीमा तथा कुछ अन्य स्थानो पर भी पवत स्थित हैं, किन्तु समग्र रूप म यह कहना कठिन है कि पवतीय तट इस महाद्वीप की प्रमुख विशेषता है। आस्ट्रेलिया मे भी अधिक महत्त्वपूर्ण पवत तट के ही समीप है, यद्यपि बहुत सा तट पवतीय नही है।

यूरशिया क पवतो का व्यापक रूप स देखन पर यह कहना कठिन है कि व सब महासागरो के समीप ह, यद्यपि उनम स कुछ ऐसे भी है जा सागर के तटो के समीप स्थित है।

ऊँचाई (Heights)—ऊचाई म पवतो का विस्तार केवल कुछ सौ मीटर ऊँची बडी पहाडियो अथवा पवत शाखाओ से लेकर लगभग ९,१५० मीटर(३०,००० फुट) की ऊँचाई तक है। अलास्का को छोडकर सयुक्त राज्य म उच्चतम पवत कैलीफोर्निया की सियरा निवाडा की श्रेणी म मिलते है। यहा की उच्चतम चोटी (ह्वीटनी पवत—Mt Whitney) लगभग ४,५०० मीटर (१५,००० फुट) की ऊँचाई तक पहुँचती है। राकी पवतो की उच्चतम चोटिया उससे कुछ ही कम नीची है और अनेक चोटिया ऊँचाई म ४,२०० मीटर (१४,००० फुट) मे अधिक ऊँची हैं। अकेले कालारडो म ही लगभग ४० चोटिया है जो ऊँचाई म ४,२०० मीटर तथा ४,३५० मीटर (१४,५०० फुट) तक के बीच ऊँची है। वाशिगटन म रैनियर पवत (Mount Rainier) भी ४२०० मीटर म कुछ अधिक ऊँचा है। अलास्का मे उच्चतम पवत मैकविनले (Mt McKinley) की ऊँचाई ६,१८० मीटर (२० ३०० फुट) है।

एण्डीज पवतो म उच्च स्थान लगभग ६,६०० मीटर (२३,००० फुट) की ऊँचाई वाले है और अनेक चोटिया ६,००० मीटर (२०,००० फुट)स ऊपर उठी है।

यूरोप के उच्चतम पवत आल्पस की ऊँची चोटिया लगभग ४,८०० मीटर (१६ ००० फीट) की ऊँचाई तक मिलती है तथा काकेशस (Caucasus) की उच्चतम चोटिया इससे कुछ ही कम ऊँची है। पृथ्वी के उच्चतम पवत हिमालय म उच्चतम चोटी एवरेस्ट पवत (Mt Everest) समुद्र तल स लगभग ९ १५० मीटर (३०,००० फुट) ऊँची है।

अफ्रीका एव आस्ट्रेलिया के पवत अधिकाशत बहुत नीचे है। अफ्रीका म कुछ ज्वालामुखी चोटिया लगभग ६,००० मीटर (२० ००० फुट) की ऊँचाई तक है और आस्ट्रेलिया की सबसे बडी ऊँचाई २ ४०० मीटर (८,००० फुट) से भी कुछ नीची पडती है।

सागर स्थित पवत (Oceanic mountains)—सागर द्रोणिया म तथा स्थल-मचो (continental platforms—महाद्वीपीय महावेदी) पर भी पवत विद्यमान है। अनेक सागर स्थित पर्वत अशत अथवा पूणत जल क नीचे है किन्तु उनम से कुछ क शिखर जलमग्न नही है।

यदि किसी पर्वत की ऊँचाई समुद्र-तल के ऊपर उसकी ऊँचाई की अपेक्षा उसके आधार के ऊपर उसकी ऊँचाई के द्वारा नापी जाती तो महासागरों के कुछ ज्वालामुखी शंकु पृथ्वी के सर्वोच्च पर्वतों में गिने जाते। जैसे मौना की (Mount Kea) (चित्र ३५२), जो हवाई द्वीप में स्थित है, समुद्र-तल से लगभग ४,२०० मीटर (१४,००० फुट) ऊपर उठा हुआ है। यदि उसकी माप समुद्र के नितल से की जाय जहाँ से कि द्वीप ऊपर उठा है, तो इसकी ऊँचाई ९,१४० मीटर (३०,००० फुट) से अधिक है। इस दृष्टिकोण से यह पृथ्वी का लगभग सर्वोच्च पर्वत है यद्यपि यह समुद्र-तल से ऊपर सर्वोच्च नहीं है। एण्टिलीयन पर्वत तन्त्र (Antillean mountain system) (पश्चिमी द्वीप समूह तथा मध्य अमरीका आदि के पर्वतों को सम्मिलित करते हुए) के कुछ भाग भी समुद्र-तल के नीचे ४,८०० मीटर से ५,४०० मीटर (१६,००० से १८,००० फुट) तक की गहराई से ऊपर उठकर समुद्र-तल से ऊपर ३,००० मीटर (१०,००० फुट) से अधिक अधिकतम ऊँचाई तक पहुँचे हैं। अतएव वे संसार के महानतम पर्वतों में से हैं, यदि उनकी ऊँचाई उनके वास्तविक आधार से मानी जाय।

पर्वतों में होने वाले परिवर्तन (Changes taking place in mountains)—परिभ्रंशन (degradation—नीचे की ओर घिसाव) की अधिकांश विधियाँ जिनका अध्ययन किया जा चुका है, पर्वतों में क्रियाशील रहती हैं, किन्तु उनका सापेक्षिक महत्त्व वहाँ नहीं रहता है जो कि निम्नतर भूमि में होता है। अन्तर के कारण अंशतः पर्वतीय ढालों का तीव्र होना तथा अंशतः ऊँचाई के कारण होने वाले जलवायु के अन्तर हैं।

तीव्र ढालों के कारण पर्वतों में मैदानों की अपेक्षा यान्त्रिक विधियों (mechanical processes) द्वारा अपक्षरण अधिक शीघ्रता से होता है। सामान्यतः पर्वतीय सरिताएँ कम से कम अपक्षरण-चक्र (erosion cycle) के आरम्भिक चरणों में द्रुतगामी होती हैं और वे गहरी घाटियाँ बनाती हैं। प्रायः इस कारण से पर्वत भूतल के अधिकतम ऊबड़-खाबड़ (roughest) भाग हैं। शीघ्र अपक्षरण का अर्थ है कि अपक्षीण शैल (weathered rock) शीघ्रता से हटा दी जायगी। अतएव पर्वतों में आवरण शैल (mantle-rock) का एकत्रीकरण (accumulation) उन स्थानों से कम होता है जहाँ कि अपक्षरण (erosion) अधिक तीव्र नहीं होता है और इसी कारण वहाँ पर नंगी (bare) चट्टानें अधिक मिलती हैं।

प्रत्येक १०० मीटर (३०० फुट) की ऊँचाई के लिए तापमान औसतन लगभग १° फा० (−१७° स०) कम हो जाता है। यदि कोई पर्वत अपने पास पड़ोस से १,००० मीटर (३,००० फुट) ऊँचा है तो इस कारण उसके शीर्ष का तापमान उसके नितल की अपेक्षा लगभग १०° फा० (−१२° सें०) कम होगा। निम्न तापमान के कारण उच्च पर्वतों पर वनस्पति कम होती है। वनस्पति का अभाव बहते हुए जल तथा पवन को अपक्षीण शैल (weathered rock) के हटाने में सहायता पहुँचाता है। जब कोई पर्वत इतना शीतल होता है कि वहाँ वनस्पति उत्पन्न

नही हो सकती तो पौधो का अभाव एव साथ साथ ढाल का खडा होना, जो कि पर्वतो की विशेषता होती है नग्न शिलाओ को अपक्षयण (weathering) की क्रियाओ के लिए खुला छोड देते हैं। उच्च स्थानो म शैत्य तापमान के दैनिक परिवर्तन अधिक होते है, विशेषत धूप के दिनो म, और इस कारण से शिलाओ का

Fig 421

A mountain valley The narrow part of the canyon shown here became the site of a dam 1030 metres high for a reservoir for irrigation purposes (*U S Geological Survey*)

टूटना अधिकतम प्रभावशाली होता है। खडे ढाल इस प्रकार से टूटे हुए शिलाखण्डो को नीचे गिरने अथवा सरलता म नीचे गिरने से नही रोकते (चित्र ४२२), और इस प्रकार शिलाओ के नवीन तलो को उन्ही परिवर्तनो के लिए पुन खुला छोड देते है।

सामान्यत मैदानो की अपेक्षा पर्वतो म अवक्षेपण (precipitation) (वर्षा और हिम) अधिक होता है और उसका अधिकाश हिम के रूप म गिरता है। हिम का सचय वर्ष के पर्याप्त भाग तक होता है और बाद म वह पिघलती है। जब यह

हिम पिघलती है, तो बहता हुआ जल वही प्रभाव रखता है जो केन्द्रित वर्षा का होता है। यदि हिम का संचय पर्याप्त मात्रा में हो जाता है तो उसमें हिमनदी की उत्पत्ति होती है, जो केवल अत्यधिक उच्च अक्षांशों को छोड़कर, पर्वतीय प्रदेशों के बाहर नहीं पायी जाती है। अतएव समग्र रूप से अन्य स्थानों की अपेक्षा पर्वतों में अपक्षरण (erosion) अधिक तीव्र होता है।

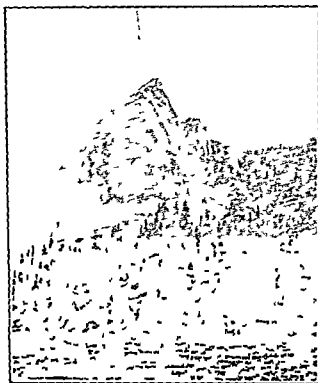



Fig 422
Quartzite Peak, Wasatch Mountains with quantities of talus at its base (*Chamberlin*)

दूसरी ओर मैदानों की अपेक्षा पर्वतों में तलछट का निक्षेपण (deposition of sedement) अपेक्षाकृत कम होता है क्योंकि वहाँ ढाल प्रपाती होते हैं तथा सरिताएँ तीव्र होती हैं। जो मलवा गिरता है अथवा प्रपाती ढालों से नीचे ढोया जाता है उसका अधिकांश भाग पर्वतों के आधारों पर अस्थायी रूप में जमा हो जाता है।

पर्वतीय प्रदेशों में पवन प्राय तेज होती है, यद्यपि स्थल पर उसका प्रत्यक्ष प्रभाव अपेक्षाकृत न्यून होता है क्योंकि (१) वह साधारणतया शुष्क नहीं होती, तथा (२) पवनों पर उड़ाये जा सकने वाले महीन पदार्थ नहीं होते हैं।

पर्वतीय प्रदेशों में पवन का महत्त्वपूर्ण प्रभाव वृक्षों की प्रकृति पर पड़ता है

(चित्र ४२३)। यह प्रभाव विशेषत उन स्थानो पर, जहा वे दूर दूर होते है, अथवा उनकी उत्पत्ति की ऊपरी सीमा के पास (वृक्ष रेखा—timber line), अधिक होता है।

पर्वतो का उद्भव (Origin of Mountains)

पर्वतो का उद्भव अति भिन्न प्रकार से होता है किन्तु उन सभी को तीन

Fig 423
A mountain tree Near Granite Colo (*Capps*)

सामान्य वर्गों मे उनकी उत्पत्ति मे निहित प्रबल शक्तियो के अनुसार रखा जा सकता है। परन्तु अनेक पर्वतो के सम्बन्ध मे दो या तीन प्रकार की विधिया ही महत्त्वपूर्ण भाग लेती है।

ज्वालामुखी पर्वत (Volcanic Mountains)—चित्र ३६२ और ३६४ मे ज्वालामुखी उद्भव के एकाकी (isolated) पर्वत दिखाये गये है। इस प्रकार की रचना वाले एकाकी पर्वत पृथ्वी के उच्च पर्वतो की कोटि मे है। शास्ता (Shasta) रेनियर (Rainier) एव अन्य पूर्व वर्णित पर्वतो के अतिरिक्त कोलारडो की स्पेनिश चोटिया (*The Spanish Peaks of Colorado*) (*४,१०० मीटर*) *तथा अलास्का* का रैंगल पर्वत (Mt Wrangell) (५ ३०० मीटर) इसी प्रकार के है। इसी प्रकार ओरीजोबा (Orizoba) (५ ५०० मीटर), तथा पोपोकैटपिटल (Popocatepetl) (५,३५० मीटर) मैक्सिको मे तजामुल्को (Tajamulco) (४ ४५० मीटर) तथा *अन्य मध्य अमरीका मे, एकानकेगुआ (Aconcagua) (६,९०० मीटर)*, चिम्बारेजो (Chimborazo) (६,४०० मीटर) तथा अनेक अन्य एण्डीज मे, एलब्रुज (Elbruz) (५,६०० मीटर), डेमावेण्ड (Demavend) (५,४०० मीटर) ग्रेट अरारात (Great Ararat) (लगभग ५ १०० मीटर), फ्यूजीयामा (Fujiyama) (३,६६० मीटर) तथा अन्य एशिया मे, एव किलीमाजारो (Kilimanjaro) (५,८०० मीटर) तथा केनिया (Kenia) (५,४०० मीटर) अफ्रीका मे, भी इसी कोटि के पर्वत है। अफ्रीका तथा दक्षिणी अमरीका की उच्चतम पर्वत चोटिया ज्वालामुखीय है। ज्वालामुखिया द्वारा निर्मित पर्वत, पर्वत तन्त्र (mountain system) अथवा पर्वत श्रेणिया न

घिसाव) की अवधि म उन पठारो से ही विकसित हो जाते हैं। कैटसकिल (Catskill Mt) इसका उदाहरण है।(अमरीका के) पश्चिम के शुष्क प्रदेशो मे अ य उदाहरण भी मिलते है। वहा पर एकाकी शिलापुजो (isolated masses of rock) को प्राय स्कधागिरि (buttes) कहते है (चित्र १५३)।

अन्तर्भेदन एव उत्थान (Intrusion and uplift)—चित्र ३५ अन्य मामा य प्रकार की पवत रचना (mountain structure) का प्रतिनिधि है। इस प्रकार के पवत एकाकी अथवा पवत पुज (mountain groups) हो सकते है, तथा य दोना ही बड़ अथवा छोट हो सकते है। अनेक दशाओ म स्तरित चट्टानें (bedded rocks) जो पार्श्वों म पड़ी ह, कभी शीष के ऊपर तक विस्तृत थी और अब अपक्षरण

Fig 426
Mountains shaped by erosion where the rock is massive Elk Mountains Colo (*Holmes Hayden Survey*)

द्वारा कट गयी ह। ब्लैक हिल्स तथा एडिरानडेक्स (The Black Hills and the Adirondacks) इस प्रकार के विशाल पवत समूहो के उदाहरण है। ब्लैक हिल्स के आस पास अनेक छोट समूह ह तथा पश्चिम (सयुक्त राज्य) मे अनेक अ य स्थानो

Fig 427
Section of the western Jura Mountains

पर ऐसे समूह ह। यूटाह (Utah) के हैनरी पवत (चित्र ४०२ तथा ४०४) इस सामान्य प्रकार के प्रसिद्ध उदाहरण ह। इस प्रकार के पवत रेखा की आकृति के हो सकते ह तथा वे पवत समूह न बनाकर एक पवत श्रेणी बना सकते है। कलीफोर्निया का सियरानवादा पवत इसका उदाहरण है यद्यपि उसका पूर्वी ढाल कगार भ्रंश (fault scarp) है (चित्र ४३२)।

मुड़ाव जनित पवत (Mountains produced by folding)—चित्र ४२७ एक और भी अन्य प्रकार की पवत रचना का द्योतक है जिसका उदाहरण जूरा पवत

गया किन्तु उसका यह आकार केवल एक इकाई के रूप में हुआ और उसमें फिर कोई अन्य मुड़ाव पैदा नहीं हुआ। वर्तमान पर्वत शिखर (present mountain crests) अपेक्षाकृत कठोर परतों के अवशेष हैं जो बाद वाले उठाव (uplift) में होने वाले अपक्षरण द्वारा अलग कर दिये गये हैं (चित्र ४३१)। अब यह विदित है

Fig 431
The same as Fig 430 after upwarp and subsequent erosion ... the hard ... ieral way,

कि मुड़ी हुई रचना के अनेक अन्य पर्वतों का भी यही इतिहास रहा है। मुड़ाव (वलन) द्वारा उत्पन्न अधिकतम पर्वत अपक्षरण द्वारा विस्तृत रूप में परिवर्तित हुए हैं जैसा कि साथ में दिये गये चित्रों से प्रकट है।

भ्रशन (टूटन) द्वारा उत्पन्न पर्वत (Mountains produced by faulting)—चित्र ४३२ और ४३३ अन्य प्रकार की पर्वत संरचना (structure) के

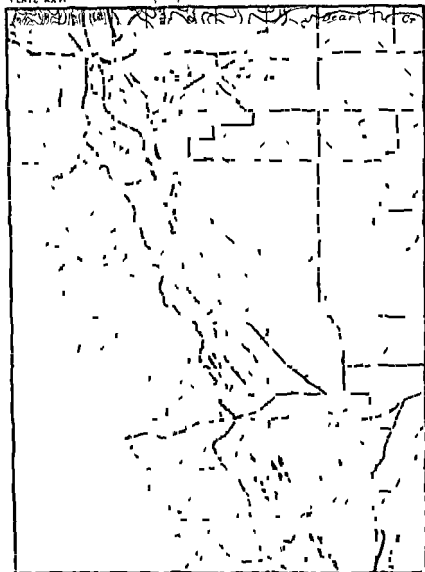
Fig 432
Ranges of the Great Basin Length of section, 200 kilometres (*Gilbert*)

जताने वाले हैं। इन पर्वतों को कभी-कभी **ब्लॉक पर्वत** (block mountains—**व्युत्थित पर्वत**) कहते हैं क्योंकि भूपटल के विशाल खण्ड, जिनके किनारे स्पष्ट भ्रंश

Fig 433
Section across the Vosges and Black Forest mountains (*Penck From Geikie s Earth Sculpture by permission of G P Putnam s Sons*)

(faulted) तलों से घिरे हुए हैं, इस प्रकार से मुड़ गये हैं कि कम से कम उनका एक छोर अपने पास पड़ोस से पर्याप्त ऊँचा उठ गया है। ऐसी अनेक परिस्थितियों

Dunning Mountain Pennsylvania a good example of a mountain ridge due to the superior hardne s (resistance) of a tilted layer of rock the outcrop of which was left as a ridge after the less resistant surroundings were worn away Scale 1-mile per inch Con our interval 20 feet (Everett Sheet, U S Geol Surv)

PLATE XXVI

An area southwest of Denver showing a mountain ridge dissected by erosion The outcropping hard layer appears in the form of a series of short ridges or hog backs (Compare Pl XXV) Scale 2-miles per inch Contour interval 50 feet (Denver Colo Sheet U S Geol Surv)

पवता के पूर्वी भाग शुष्क अथवा अद्ध शुष्क ह (चित्र ४३४) । यही कारण है कि वे भाग कम आबाद है । नेवादा राज्य मे जिसका क्षेत्रफल ओहिया एव इलीनॉस दाना

Fig 434
Rainfall of the United States (*U S Weather Bureau*)

के सम्मिलित क्षेत्रफल स भी पर्याप्त अधिक हे, दाना (ओहियो और इलीनॉम) की अपक्षा जनसख्या एक प्रतिशत कम है। नेवादा की शुष्क जलवायु ही इस अन्तर का मुख्य कारण है।

यद्यपि पवत, प्रतिवात (leeward) की आर के प्रदेश का शुष्क बनाते है तथापि उनम से अनेक इन प्रदेशा की सिचाइ के लिए जल प्रदान करते ह, क्योकि पवता पर जो जल बरसता है वह उन्ही प्रदेशो म होकर जाता है, जिसको उसके स्वाभाविक माग म बदलकर नालिया द्वारा खेता तक पहुचाया जा सकता है।

सिचाई के प्रयोग क लिए जल को एकत्रित करन का काय सयुक्त राज्य के पश्चिमी भाग मे भलीभाति किया गया है तथा इस ओर आर भी विस्तृत कार्यो के लिए योजना बनायी गयी है। कि तु पश्चिम के शुष्क प्रदेश की केवल कुछ ही भूमि की सिचाई की जा सकती है क्योकि मिलन वाल जल की मात्रा पर्याप्त नही है और उस जल से आवश्यकता रखने वाले केवल थोड म ही भाग को जल प्राप्त हो सकता है।

पवता का प्रभाव अपने पास पडोस के तापमान, पवन, बादल आदि पर पर्याप्त होता हे यद्यपि मनुष्य के लिए अवक्षेपण (precipitation) पर पडने वाले उनक प्रभाव की अपेक्षा यह प्रभाव कम महत्त्वपूण होता है।

पवत परिवहन मे बाधक होते हैं (Mountains are barriers to transportation)—यह सत्य है कि अब रेलमाग और सडके पवत श्रेणियो को पार कर जाती ह, किन्तु उनके निर्माण का व्यय तथा उनके बन जाने पर उनका काय के योग्य

...d States
(Copyrig... Used by permission)

बनाय रखने का व्यय मैदान पर बनी सडका की अपेक्षा अत्यधिक होता है। भारत के रेलमार्गों के अध्ययन से पता चलता है कि उत्तर के मैदानी भाग मे रेलो का जाल-सा बिछा हुआ है किन्तु दक्षिण के पहाडी भाग मे रेलमार्ग उत्तरी भाग की अपेक्षा पर्याप्त कम है। संयुक्त राज्य अमरीका का रेल सडक मानचित्र (rail road map) यह स्पष्ट संकेत देता है कि उसके मध्यवर्ती भाग की तुलना मे पश्चिमी और पूर्वी पर्वतीय प्रदेशो मे रेले और सडके बहुत ही कम है। इन सब बातो के होते हुए भी आधुनिक काल मे पूर्व काल की अपेक्षा पर्वत मानव के लिए कम बाधा उपस्थित करते है।

जानवरो तथा पौधो के लिए पर्वत प्रभावशाली बाधक है (Mountains are effective barriers to animals and plants)—मानव की अपेक्षा अधिकाश पशुओ के पास पर्वतो को पार कर सकने के लिए न तो साधन होते है और न वे साधनो का निर्माण ही कर सकते है, अत उनमे से अनेक पशुओ के लिए उच्च पर्वत प्रभावपूर्ण अवरोधक होते है। उच्च स्थानो की जलवायु इस प्रकार की होती है कि कुछ पौधो का एक ओर से दूसरी ओर को विस्तार होना तब तक रुक जाता है जब तक कि मानव इस क्रिया मे अपना सहयोग न दे।

पर्वतो मे खनिज पदार्थ मिलते हैं (Mountains contain ores of various metals)—इस तथ्य की ओर पहले ही संकेत किया जा चुका है कि अनेक पर्वतो मे खानो की खुदाई एक सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण व्यवसाय है। यहा पर यह कहना उचित होगा कि संयुक्त राज्य के सोने और चादी का सबसे अधिक भाग तथा ताबे का पर्याप्त भाग पश्चिम के पहाडो से ही आता है। उन्ही खानो मे ही शीशा तथा जस्ता का भी अधिकाश भाग मिलता है, पर पूर्णत निकाले नही जाते है। दूसरी ओर लोहा तथा कोयला, जो दो सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण खनिज है, प्रमुखत पर्वतीय प्रदेशो मे प्राप्त अवश्य नही होते, फिर भी कुछ लोहा तथा बहुत सा कोयला संयुक्त राज्य के पूर्वी तथा पश्चिमी पर्वतो मे खोदा जाता है।

पर्वतो मे कृषि (Agriculture in mountains)—अनेक पर्वतीय घाटिया उपजाऊ होती है, तथा उनमे से अनेक मे खेती होती है। कोलारेडो मे (जो एक पहाडी राज्य है) सन १९१४ मे ५,२६,००,००० डालर से अधिक मूल्य के खनिज पदार्थ निकाले गये थे। यह मूल्य लगभग उतना ही था जितना कि उसी राज्य मे सन् १९१० मे कृषि के उत्पादन का था। इस प्रकार कृषि कार्य मे लायी गयी भूमि का एक उल्लेखनीय भाग पर्वतो की घाटियो मे भी स्थित है।

प्राकृतिक दृश्य सम्बन्धी प्रभाव (Scenic effects)—आर्थिक दृष्टिकोण से परे पर्वतो का सर्वथा एक अलग महत्त्व है जो अको मे नही आका जा सकता है। यह महत्त्व उनसे (पर्वतो से) प्राप्त होने वाले प्राकृतिक सौन्दर्य मे निहित है। जिस मनुष्य ने पर्वत नही देखे है और उनके साथ इतने पर्याप्त समय तक नही रहा है कि वास्तविक रूप मे उनसे परिचित हो जाय, तो कहा जा सकता है कि वह जीवन की अच्छी वस्तुओ मे से एक से वंचित रह गया है। न्यूयाक, फिलेडलफिया और

वनाय रखन का व्यय मैदान पर बनी सड़कों की अपेक्षा अत्यधिक होता है। भारत के रेलमार्गो के अध्ययन से पता चलता है कि उत्तर के मैदानी भाग में रेलों का जाल सा बिछा हुआ है किन्तु दक्षिण के पहाडी भाग में रेलमार्ग उत्तरी भाग की अपेक्षा पर्याप्त कम है। संयुक्त राज्य अमरीका का रेल सड़क मानचित्र (rail road map) यह स्पष्ट संकेत देता है कि उसके मध्यवर्ती भाग की तुलना में पश्चिमी और पूर्वी पर्वतीय प्रदेशों में रेलें और सड़कें बहुत ही कम हैं। इन सब बाधाओं के होते हुए भी आधुनिक काल में पूर्व काल की अपेक्षा पर्वत मानव के लिए कम बाधा उपस्थित करते हैं।

जानवरों तथा पौधों के लिए पर्वत प्रभावशाली बाधक हैं (Mountains are effective barriers to animals and plants)—मानव की अपेक्षा अधिकांश पशुओं के पास पर्वतों को पार कर सकने के लिए न तो साधन होते हैं और न वे साधनों का निर्माण ही कर सकते हैं, अतः इनमें से अनेक पशुओं के लिए उच्च पर्वत प्रभावपूर्ण अवरोधक होते हैं। उच्च स्थानों की जलवायु इस प्रकार की होती है कि कुछ पौधों का एक ओर से दूसरी ओर को विस्तार होना तब तक रुक जाता है जब तक कि मानव इस क्रिया में अपना सहयोग न दे।

पर्वतों में खनिज पदार्थ मिलते हैं (Mountains contain ores of various metals)—इस तथ्य की ओर पहले ही संकेत किया जा चुका है कि अनेक पर्वतों में खानों की खुदाई एक सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण व्यवसाय है। यहाँ पर यह कहना उचित होगा कि संयुक्त राज्य में सोने और चाँदी का सबसे अधिक भाग तथा ताँबे का पर्याप्त भाग पश्चिम के पहाड़ों से ही आता है। उन्हीं खानों से ही शीशा तथा जस्ता का भी अधिकांश भाग मिलता है, पर पूर्णतः निकाले नहीं जाते हैं। दूसरी ओर लोहा तथा कोयला, जो दो सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण खनिज हैं, प्रमुखतः पर्वतीय प्रदेशों से प्राप्त अवश्य नहीं होते, फिर भी कुछ लोहा तथा बहुत सा कोयला संयुक्त राज्य के पूर्वी तथा पश्चिमी पर्वतों में खोदा जाता है।

पर्वतों में कृषि (Agriculture in mountains)—अनेक पर्वतीय घाटियाँ उपजाऊ होती हैं, तथा उनमें से अनेक में खेती होती है। कोलोरेडो में (जो एक पहाड़ी राज्य है) सन् १९१४ में ५,२६,००,००० डालर से अधिक मूल्य के खनिज पदार्थ निकाले गये थे। यह मूल्य लगभग उतना ही था जितना कि उसी राज्य में सन् १९१० में कृषि के उत्पादन का था। इस प्रकार कृषि कार्य में लायी गयी भूमि का एक उल्लेखनीय भाग पर्वतों की घाटियों में भी स्थित है।

प्राकृतिक दृश्य सम्बन्धी प्रभाव (Scenic effects)—आर्थिक दृष्टिकोण से परे पर्वतों का सर्वथा एक अलग महत्त्व है जो अंकों में नहीं आँका जा सकता है। यह महत्त्व उनसे (पर्वतों से) प्राप्त होने वाले प्राकृतिक सौन्दर्य में निहित है। जिस मनुष्य ने पर्वत नहीं देखे हैं और उनके साथ इतने पर्याप्त समय तक नहीं रहा है कि वास्तविक रूप में उनसे परिचित हो जाय, तो कहा जा सकता है कि वह जीवन की अच्छी वस्तुओं में से एक से वंचित रह गया है। न्यूयार्क, फिलेडेलफिया और

Fig 436

Map of part of the coast of southern Alaska, showing islands which were once a part of the mainland isolated by glacial and wave erosion, and by sinking

तटा पर है, ऊँचे है, तथा अ य, जैसे कि वे जा न्यूयाक के दक्षिण सयुक्त राज्य के पूर्वी किनारा पर है, नीचे है ।

कुछ खाडिया (bays), कुक्षिया (gulfs), फियोर्डों आदि में जल गहरा है तथा अन्य मे उथला है, और जल की गहराई क्षेत्रफल से स्पष्टत स्वतन्त्र है। उदाहरण के लिए, मैक्सिको एव कैली फोर्निया की खाडिया मे, भूमध्य सागर तथा अरब सागर मे, एव अनेक फियोर्डों आदि म जल गहरा है, किन्तु बाल्टिक सागर, हडसन की खाडी तथा कारपेण्टरिया की खाडी मे जल उथला है ।

Fig 437
Portion of the coast of Texas, showing the tendency of shore deposition to simplify the coast line The deposits (narrow necks of land parallel to the coast) shut in bays *(Coast and Geodetic Survey)*

विभिन्न प्रकार की विषमताओ का वितरण (Distribution of various types of irregularities)—महाद्वीपा की सीमाएँ दिखाने वाले मानचित्रो से यह ज्ञात होता है कि महान विषमताए लघु विषमताओ की अपेक्षा कम असमानता म वितरित है । यद्यपि दक्षिणी महाद्वीपो की तुलना म उत्तरी महाद्वीपो म दीघ एव लघु, दाना ही, विषमताएँ अधिक सख्या म है, तथापि उत्तरी एव दक्षिणी महाद्वीपा की लघु विषमताओ के बीच का व्यतिरेक (अन्तर) उनकी बडी विषमताओ के मध्य के व्यतिरेक (contrast) की अपेक्षा विशाल है ।

उत्तरी महाद्वीपा की बडी विषमताएँ उनके दक्षिणी भागो की अपेक्षा उनके उत्तरी भागा मे विशेष रूप से अधिक बडी नही है । जहा तक इस प्रकार की विषमताओ का सम्ब ध है दक्षिणी एशिया एव यूराप की तट-रेखाए उतनी ही विषम है जितनी कि इन महाद्वीपा के अन्य भागा का तट रेखाए ह । परन्तु उत्तरी यूरोप की लघु विषमताए और विशेषकर उत्तरी-पश्चिमी यूराप की दक्षिणी यूराप की अपक्षा अधिक स्पष्ट हैं । साधारणतया उत्तरी अमरीका के विषय मे भी यही सत्य है । यद्यपि इस महाद्वीप के उत्तर तथा दक्षिण दाना ही आर बडी तथा छोटी विषमताएँ है तथापि निचले अक्षाशा की अपेक्षा इसके उच्च अक्षाशो म छोटी विषमताएँ पर्याप्त बडी सख्या मे है ।

उत्तरी अमरीका के दक्षिणी भाग में छोटी विषमताएँ अधिकतर नीची हैं जबकि उत्तरी भाग की अनेक विषमताओं का ऊर्ध्वाधर विस्तार (vertical range) अधिक है। दक्षिणी विषमताएँ अधिकांशतः तट की प्रवृत्ति के साथ समानान्तर हैं, किन्तु उत्तर की अधिकांश विषमताएँ तट के साथ समकोण बनाती हैं।

तट की विषमताएँ महाद्वीपीय निमग्न तट (continental shelf) की चौड़ाई से भी कुछ सम्बन्ध रखती हैं। साधारणतः तट की बड़ी विषमताएँ वहाँ पर अधिक होती हैं जहाँ पर महाद्वीपीय निमग्न-तट सँकरे भागों की अपेक्षा चौड़ा होता है। सामान्यतः उच्च तट नीचे तटों की अपेक्षा बाहरी रेखा में अधिक विषम होते हैं, यद्यपि इस सामान्य नियम के अनेक अपवाद भी हैं।

महाद्वीपों के अनेक तटों के समीप के द्वीपों को भी तटीय विषमताओं का ही अंग समझना चाहिए क्योंकि, जैसा कि हम बाद में देखेंगे, तटों के समीप के अनेक द्वीप कभी मुख्य भूमि के भाग थे। अलास्का (चित्र ४३६), चिली, स्कैण्डिनेविया, आदि के तटों के समीप के अधिकांश द्वीप इसी कोटि के हैं।

इन समस्त अनगिनत एवं विभिन्न विषमताओं की व्याख्या आवश्यक है, तथा हमारे अब तक के अध्ययन ने हमें वह आवश्यक सामग्री प्रदान की है जो हमें यह समझाती है कि कुछ तट क्यों सम तथा अन्य विषम क्यों हैं, कुछ तट ऊँचे तथा अन्य नीचे क्यों हैं, कुछ तटों के ढाल तेज तथा दूसरों के कम क्यों हैं। उनसे हमको समुद्र में स्थल के उठे और झुके प्रदेशों तथा स्थल में जल के छोटे एवं बड़े प्रदेशों की उत्पत्ति के बारे में कुछ धारणा (conception) के लिए एक आधार भी मिला है।

क्रम स्थापन के कारक (Agents of gradation)—पूर्व के अध्यायों में हम तटों की क्षैतिज समाकृति (horizontal configuration) के ऊपर क्रम स्थापन (श्रेणीकरण) के कारकों द्वारा उत्पन्न परिणामों को देख चुके हैं। हम देख चुके हैं कि जहाँ चट्टान कमजोर होती है वहाँ लहरें जल को ढहा-बहा करती रहती हैं और जहाँ स्थल कठोर होता है वहाँ वे स्थल के प्रदेशों का विकास करती हैं। हम यह भी देख चुके हैं कि इस प्रकार से निर्मित विषमताएँ अपेक्षाकृत कम हैं। इस प्रकार से निर्मित अन्तरीप आदि उस स्थल की उत्पत्ति के अनुसार ऊँचे अथवा नीचे हो सकते हैं जिनसे कि वे उत्पन्न होते हैं। तरंगों के अपक्षरण द्वारा निर्मित जल के अन्तःप्रवेशी भाग (reentrants) सदैव उथले होते हैं।

हम यह भी देख चुके हैं कि तटों के साथ-साथ किया गया निक्षेप भी विषमताओं को विकसित करता है। यह निक्षेपण विशेषकर तरंगों की दिशा के कुछ कुछ समानान्तर स्थलियों के मुँह के गड्ढों आदि के आरपार स्थल की पट्टियाँ (strips of land) को जमा देता है। इस प्रकार की विषमताएँ तट-रेखा के अन्तिम साधारणीकरण (simplification) की दिशा में एक प्रयास है (चित्र ४३७)। तट निक्षेप द्वारा विकसित भूमि सदैव नीची होती है, जैसी कि वे लहरों द्वारा छोड़ दी जाती हैं, और उनके पीछे बन्द अनूप (lagoons) उथले होते हैं।

हमने यह भी देखा है कि समुद्र की ओर उतरने वाली हिमनदियां गहरी घाटियां खोद सकती है जो कि हिम के पिघल जाने पर फियोड बन जाती है। हिम नदीय अपक्षरण अन्य प्रकार से भी तट-रेखा को आपरिवर्तित कर सकता है, यह क्रिया अपक्षरण एवं निक्षेपण दोनों ही के द्वारा हो सकती है। हिमाच्छादन, जो अब की अपेक्षा पहले कभी अति विस्तृत था, इस तथ्य का यदि पूर्ण स्पष्टीकरण नहीं कर सकता तो उसके कुछ अंश का स्पष्टीकरण तो अवश्य ही करता है कि उच्च अक्षांशों मे ही अनेक फियोड्स क्यो हैं। तल का नीचे को धँसाव (subsidence) जिसे हम अवनलन भी कह सकते है, उनके विकास मे एक कारक हो सकता है।

नदियां अपने मुहानों पर डेल्टाओ के निर्माण द्वारा तट रेखा को विषम बनाती है किन्तु अपने अपक्षरण कार्य द्वारा वे तट-रेखाओ को क्षैतिज रूप मे विषम बनाने मे असमर्थ रहती है। दूसरी ओर, वे उच्च तट-भूमि को उनके भीतर घाटियों के विकास द्वारा ऊर्ध्वाधर रूप मे विषम बनाती है।

तटों की क्षैतिज बनावट के ऊपर पवन का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है, किन्तु बलुआ टिब्बों (sand dunes) के एकत्रीकरण (piling) द्वारा पवन कुछ सीमा तक तट भूमि की उदभृति (relief) को प्रभावित करते है।

इस संक्षिप्त विवेचना से यह स्पष्ट है कि क्रम स्थापन (gradation—श्रेणीकरण) के कारक (agents) तट की अनेक विषमताओं का उत्पन्न करने मे समर्थ होते है, इन विषमताओं मे छोटे आकार की विषमताएँ मुख्य होती है।

पटल विरूपण (Diastrophism)—यदि महासागर का नितल कुछ नीचे दब जाए और द्रोणियों (basins) की ग्रहणशक्ति बढ जाए, तो महाद्वीपों के किनारों से जल नीचे की ओर को सिमक जाएगा और समस्त तट-रेखाएँ समुद्र की ओर खिसक जाएँगी। ऐसे तटों पर, जैसा कि संयुक्त राज्य का पूर्वी भाग है, महाद्वीपों की सीमा आज की अपेक्षा उल्लेखनीय रूप से अधिक सम (regular) हो जाएगी, क्योंकि महाद्वीपीय निमग्न तट की स्थलाकृति (the topography of the continental shelf), जो अब जलमग्न है, लगभग समतल है। कुछ तटों की, जो अपेक्षाकृत सम है समता का कारण उनका हाल का जल मे से उठाव (recent emergence) ही है।

इसके विपरीत, यदि महाद्वीपों के किनारे दब जाएँ तो तट रेखाएँ आज की अपेक्षा सामान्यत कुछ अधिक विषम हो जाएँगी, क्योंकि स्थल के दब जाने से समुद्र का जल घाटियों के भीतर भर जाएगा और वहा पर भी खाड़ियों को विकसित कर देगा जहां अभी तक कोई खाड़ी नही है, और जो खाड़ियां विद्यमान है उनको अधिक विस्तृत बना देगा।

संयुक्त राज्य के न्यूयार्क और करोलीना के बीच के तट के समान कुछ कटे-फटे तटों (indented coasts) की अनेक खाड़ियों का कारण भूमि का हाल ही मे नीचे बैठना (recent subsidence) ही है। जहां पर नदी घाटियां तट के साथ सामान्य रूप मे (normal) है, जैसा कि साधारणत होना है वहा पर खाड़ियां भी तट के साथ सामान्य रूप मे है।

दूसरी बात यह है कि महाद्वीपों के तटों पर किसी डूबे हुए भूखण्ड (submerged tract) के पर्याप्त उभार के कारण प्रायद्वीपों की उत्पत्ति हो सकती है। ये प्रायद्वीप तट के साथ सामान्य रूप से हो सकते है, लगभग उसके समानान्तर हो सकते हैं, अथवा दोनों के बीच किसी कोण पर हो सकते है। एक उसी रूप का नीचे की ओर वाला ढाल किसी खाडी अथवा कभि (gulf) को विकसित करेगा और सम्भवत अनेक बडी खाडियां तथा कभियां इसी प्रकार से ही उत्पन्न हुई हैं। उभरा एव दबा हुआ क्षेत्र ऐंठने (warped) के स्थान में भ्रंशित (faulted) भी हो सकता है, और जहाँ तब तट की क्षैतिजाकार बनावट का सम्बन्ध है, उसके परिणाम समावतन (warping) के ही समान होंगे।

ज्वालामुखीय क्रिया (Vulcanism)—ज्वालामुखी, स्थानीय रूप मे, तट-रेखाओं को प्रभावित करते हैं, किन्तु उनका प्रभाव श्रेणीकरण (gradation—क्रम स्थापन) तथा पटल विरूपण (diastrophism) की तुलना म अपेक्षाकृत हल्का है। ज्वालामुखी की क्रिया, मुख्य भूमि के तटों मे आपरिवर्तन (modifications) उत्पन्न करने की अपेक्षा तट के समीप द्वीपों का निर्माण अधिक सामान्यत करती हैं। अनेक आग्नेय चट्टानें (igneous rocks) तलछटी या परतदार चट्टानों (sedimentary rocks) की अपेक्षा अधिक मजबूत होती हैं अत वे अपक्षरण (erosion) द्वारा विकसित तट-रेखाओं की आकृतियों को प्रभावित करती है।

प्रयुक्ति (Application)

तट-रेखाओं के विषय मे उपयुक्त सिद्धान्तों की प्रयुक्ति करने म तटों मे से अनेक तटों की प्रमुख आकृतियों को समझा जा सकता है। जहाँ पर तट-रेखा के साथ अनेक ऐसी खाडियाँ है जो तट की सामान्य स्थिति के साथ स्थान मे लगभग समकोण बनाती हुई भीतर को घुस गयी हैं, वहाँ कुछ विश्वास के साथ यह परिणाम निकाला जा सकता है कि वह प्रदेश या तो अभी हाल ही मे नीचे दबा है और उसमे नदियों के निचले सिरे डूब गये है अथवा यह कि वह हाल के ही समय मे हिम से ढका रहा है जिसमे घाटियों के निचले भाग फियोर्डस बन गये हैं। यहाँ पर यह स्पष्ट कर देना भी आवश्यक है कि अवतलन (subsidence—तल के नीचे बैठने की क्रिया) हिमाच्छादन (glaciation) के साथ और पीछे कभी भी हो सकता है। यदि सम्बन्धित क्षेत्र निम्न अक्षाशों म है तो प्रथम व्याख्या के सही होने की अधिक सम्भावना होती है और यदि वह उच्च अक्षाशों मे है और उसकी ऊँचाई भी अधिक है तो कटावों (indentations) का सम्भावित कारण हिमाच्छादन ही होता है।

सयुक्त राज्य के पूर्वी तट पर चैसापीक (Chesapeake) की खाडी तथा उसकी सहायक अनेक खाडियाँ, डिलावेर की खाडी (Bay of Delaware) तथा इसी प्रकार की अन्य खाडियाँ स्थल के हाल के ही अवतलन (subsidence) की ओर स्पष्ट सकेत करती है। उत्तर की ओर मेन (Maine) के तट का कटा-फटा भाग सम्भवत अवतलन के ही कारण अंशत समझाया जा सकता है यद्यपि मुख्यत वह हिमनदी के अपक्षरण कार्य मे बना है क्योंकि महाद्वीपीय हिमनदी की

हिम इसी तट के ऊपर होकर समुद्र की ओर गयी थी। ऐसे तटों के फियाड्स (fiords), जैसे अलास्का, चिली, स्कैण्डेनेविया एव स्काटलैण्ड, मुख्यतया हिम के अपक्षरण कार्य के ही परिणाम है, यद्यपि यह हो सकता है कि अवतलन ने जल के कटावो को गहरा एव विस्तृत कर दिया हो।

जहा पर निचली भूमि (low land) की लम्बी एव सँकरी पटिया तट की सामान्य दिशा के साथ लगभग समानान्तर हो, वहा पर लहरा एव तटीय धाराओं द्वारा निक्षेपण (deposition) का अनुमान किया जा सकता है। इसके उदाहरण यूयार्क और टेक्सास के बीच तट के अनेक भागो द्वारा मिलते है।

जहा पर बाहरी तट रेखा म बडी विषमताएँ है जैसे, मैक्सिको की खाडी, कैलीफोर्निया की खाडी, एड्रियाटिक सागर बगाल की खाडी, अरब सागर, आइबेरिया प्रायद्वीप इटली, भारत, कमचटका निम्न कैलीफोर्निया के प्रायद्वीप, यूकटन फ्लोरिडा आदि, वहा पर सम्भवत पटल विरूपण (diastrophism) प्रमुख सम्बन्धित कारण रहा है।

पटल विरूपण द्वारा उत्पन्न तट की सारी विषमताएँ बडे आकार की नहीं है। पजट साउण्ड (Puget Sound) यद्यपि बडी है, किन्तु वह उपर्युक्त अधिकाश विषमताओ की अपेक्षा बहुत छोटी है और यह विश्वास किया जाता है कि उसकी उत्पत्ति निम्न समावतन (down warp) के कारण हुई है।

जहा पर तट ऊँचे है वहा पर पटल विरूपण अथवा तरग कटान (wave cutting) अथवा दोनो की सम्भावना बतायी जाती है। खडे ढाल, चाहे वे ऊँचे न भी हो यही सुझाव देते है, जबकि बिना उत्प्रपात (cliffs) की नीची तटीय भूमि तट के निक्षेपण के क्षेत्रों की विशेषता है।

इस बात का ध्यान रखना चाहिए कि तट रेखाए स्थायी नहीं होती है और आज की तट रेखाए पूर्णत वे ही नहीं है जो कल की थी या भविष्य मे भी ऐसी ही बनी रहेगी क्योकि श्रेणीकरण (gradation) तथा पटल विरूपण (diastrophism) उनको निरन्तर परिवर्तित करते रहते है तथा समय समय पर ज्वालामुखी भी अपना प्रभाव दिखाये बिना नहीं रहते।

ऐतिहासिक प्रभाव (Historical bearing)—तट रेखाओ के स्वरूप ने अनेक देशो के विकास पर महत्त्वपूर्ण प्रभाव डाला है। उत्तर पश्चिमी यूरोप तथा उत्तर पूर्वी सयुक्त राज्य के भागो म विषम तटो म बन्दरगाहो की सख्या पर्याप्त है और इससे समुद्री व्यापार के विकास म सहायता मिलती है। इसके विपरीत, एक चिकने एव सपाट के कारण समुद्री व्यापार मे सदैव कठिनाई पडती है और कितनी-कि ही परिस्थितिया म तट ने इस व्यापार को पूर्णत निरुत्साहित कर दिया है। ऐसे तट की हानिया का अनुभव विभिन्न मात्रा म सयुक्त राज्य के दक्षिण पूर्वी राज्य, पूर्वी मैक्सिको अधिकाश दक्षिणी अमरीका, अफ्रीका तथा भारत आदि अनेक देशा ने किया है।

जहा कही भी किसी जाति न किसी ऐसे कटे फटे तट पर अपना अधिकार

जमाया है, जिसमें कुछ दूरी पर द्वीप स्थित रहे हैं अथवा कोई द्वीप स्थित था और उसकी या उनकी भूमि उपजाऊ नहीं थी, तो वह जाति आरम्भ से ही अपनी जीविका के लिए सागर की ओर ताकती रही है और उस जाति ने साहसिक मल्लाहों को जन्म दिया है, मल्लाहों की उत्पत्ति में जाति भेद अथवा योग्यता-भेद का कोई स्थान नहीं था। उदाहरण के लिए, दक्षिणी अलास्का के इण्डियन नौयमैन, उत्तरी पश्चिमी मैडागास्कर के काले लोग तथा टनासिरम तट के मलाया लोग मुख्य हैं। इसके विपरीत, किसी अदन्तुरित तट ने मनुष्य समुद्र यात्रा की प्रवृत्ति के विकास में बाधा डाली है।

द्वीप
(Islands)

जैसा कि पहले ही संकेत किया गया है कि अनेक द्वीप वास्तव में तटीय आकृतियाँ हैं, जो उन्हीं कारकों तथा क्रियाओं द्वारा विकसित हो रही हैं जिनके द्वारा महाद्वीपीय तटों का क्षतिज निर्माण होता है।

अन्य प्राकृतिक आकृतियों के समान ही द्वीपों का वर्गीकरण भी विभिन्न प्रकार से किया जा सकता है और प्रत्येक वर्गीकरण कुछ महत्त्वपूर्ण तथ्यों को सम्मुख लाता है। जैसे, आकार के आधार पर वे बड़े और छोटे हैं, ऊँचाई के आधार पर वे ऊँचे तथा नीचे हैं, स्थिति के आधार पर वे महाद्वीपीय और सागरीय हैं, एवं उर्वरता (उपजाऊपन) के आधार पर वे उपजाऊ तथा ऊसर हैं। उपर्युक्त समूहों के प्रत्येक की चरम स्थिति (extremes) के बीच के सभी श्रेणियाँ के हैं। विभाजन के अन्य तुलनात्मक आधारों का भी सुझाव दिया जा सकता है। प्राकृतिक भू वृत्त के दृष्टिकोण से सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण वर्गीकरण उनकी उत्पत्ति पर आधारित है। द्वीपों की उत्पत्ति पटल विरूपण, ज्वालामुखीयता एवं श्रेणीकरण (क्रम-स्थापन) की क्रियाओं द्वारा होती है, और यदि श्रेणीकरण से जीवों (organisms) के कार्य का विचार दिया जाय तो जीवन क्रिया (organic action) को भी द्वीपों की उत्पत्ति का एक साधन माना जा सकता है।

(१) पटल-विरूपण द्वारा (By diastrophism)—समुद्र तितल के किसी खण्ड का पर्याप्त उत्थान जो उसे जल से बाहर उठा दे, किसी द्वीप का उत्पन्न कर सकता है यदि वह नवीन भूमि किसी महाद्वीप से सम्बन्धित नहीं है। इसी प्रकार समुद्र का अवागमन समुद्र के किनारे के उभरे हुए खण्डों को जल से बाहर निकाल सकता है और इस प्रकार द्वीपों की उत्पत्ति कर सकता है। क्यूबा तथा पश्चिमी द्वीप समूह के कई अन्य द्वीप इसी नाम में आ जाते हैं।

समुद्र तल का उठाव तटीय भूमि की ऊँचाइयों को पास पड़ोस की नीची भूमि के डुबाव द्वारा द्वीपों में बदल सकता है। दृढ़ उद्भूति (strong relief) की तटीय भूमि के डूब जाने से भी यही परिणाम निकल सकता है। ग्रेट ब्रिटेन (Great Britain) इसी प्रकार यूरोप की मुख्य भूमि से अलग हो गया था। यदि यह द्वीप महाद्वीप से मिला हुआ ही रहा होता तो सम्भवतः यूरोप के इतिहास का क्रम ही बदल गया होता।

(२) ज्वालामुखीयता द्वारा (By vulcanism)—समुद्र के भीतर के अनक ज्वालामुखिया ने अपने शकुओ का निर्माण इस प्रकार से किया है कि उनके शीप समुद्र से ऊपर उठ गये है। तटा से दूर इस प्रकार के द्वीप अन्य प्रकारो की अपेक्षा अधिक सामान्य है। किन्तु ज्वालामुखीय द्वीप गहरे समुद्रो तक ही सीमित नही है।

(३) श्रेणीकरण द्वारा (By gradation)—द्वीपा की उत्पत्ति उठाव तथा घिसाव की दोना ही क्रियाओ द्वारा होती है तथा दोना ही क्रियाएँ विभिन्न कारको द्वारा प्रभावित होती रहती है।

(अ) अपक्षरण द्वारा (By erosion)—तरगें किसी तट का अपक्षरण इस प्रकार से कर सकती है कि वे रुकावट डालने वाली चट्टान के छोटे क्षेत्रो को अलग अलग कर दे और व क्षेत्र द्वीपो का रूप धारण कर लें (चित्र ४३८)।

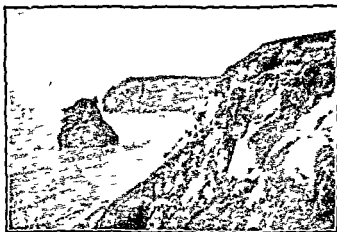



Fig 438
Finn Rock and Cape Blanco Oregon
(U S Geological Survey)

स्थल से समुद्र की ओर उतरती हुई हिमनदिया अपक्षरण द्वारा तटीय प्रातुगो (Promontories—उठे हुए भागो) को अलग अलग करके द्वीपो का निर्माण कर सकती है। यह सम्भव है कि हिमनदी रजित (glaciated coasts) तटो पर कुछ द्वीप इस प्रकार से उत्पन्न हुए हो।

कभी कभी द्वीप किसी नदी म धारा के अपक्षरण द्वारा भी बनते है (चित्र ४३६)। चट्टानो का सभदन (jointing—सन्धान मिलाप) कुछ इस प्रकार के द्वीपो के विकास के लिए अनुकूल परिस्थितिया उत्पन्न कर देता है। जेम्स नदी (James River) के अपक्षरण काय ने जेम्स टाउन प्रायद्वीप को १७वीं शताब्दी के अत म एक द्वीप म परिवर्तित कर दिया। यह एक ऐसा काय था जिसे उस उपनिवेश के निवासी सुरक्षा के विचार से पूण करने के लिए योजना बनाये हुए थे। कभी कभी

नदी के भीतर, द्वीप, सरिता की टेढ़ी-मेढ़ी गति (meandering) के द्वारा भी विच्छिन्न हो जाते हैं (चित्र १७४)।

(आ) निक्षेपण द्वारा (By deposition)—समुद्र एवं झीलों के किनारों के पास तथा नदियों में तलछट के निक्षेपण द्वारा भी द्वीप बन जाते हैं। इनमें अधिकांश द्वीप कम ऊँचे और चपटी भूमि के होते हैं और सभी किसी अन्य स्थल के समीप होते हैं। जो क्रियाएँ इन्हें पैदा करती हैं, उनका संकेत किया जा चुका है। उनमें से अनेक बालुका टीलों से प्रभावित हैं। हिमनदी निक्षेप भी द्वीपों का निर्माण कर सकते हैं जैसा कि बोस्टन हार्बर में हुआ है। जिन द्वीपों के सबसे भीतरी भाग (cores) ठोस चट्टानों के होते हैं, उनके विस्तार का बढ़ाव निक्षेपण की विभिन्न क्रियाओं द्वारा हो सकता है।

(४) पटल विरूपण, श्रेणीकरण और ज्वालामुखीयता की क्रियाओं के संयोग द्वारा (By combinations of diastrophism gradation and vulcanism)—अनेक विद्यमान द्वीपों की उत्पत्ति एवं आकार उपर्युक्त कारकों में से दो या अधिक के संयोगों के परिणाम हैं। नदी एवं हिमनदी द्वारा अपक्षरण तट के समीप प्रायः ऐसे तलरूपों को विच्छिन्न कर देता है जो विषम होते हैं और तट का तनिक अवपतन (subsidence) अथवा वहाँ पर समुद्र-तल का उठाव (rise) द्वीपों को उत्पन्न

Fig 439
Lone Rock An island in the Wisconsin River isolated as an island by the notable widening of a series of joints in the sand stone (*Meyers*)

कर देता है क्योंकि वहाँ का स्थल पहले से ही उचित रूप से तैयार कर दिया जाता है। हिमनदी युक्त तटों पर अनेक द्वीप जैसे मेन (Maine) अलास्का नार्वे आदि के द्वीप, परिक्षरण (degradation) और पटल-विरूपण (diastrophism) के संयोग के कारण से बने हैं।

तटो पर विभिन्न क्रियाशील कारको के अन्य सयोग भी द्वीपो को उत्पन्न कर सकते है। उदाहरण के लिए, कोई द्वीप जो आरम्भ म ज्वालामुखी द्वीप था, अपन आसपास तलछट क निक्षेपण द्वारा क्षेत्रफल म बढ सकता है। यह तलछट उस द्वीप के उच्चतर भागो स निम्नतर भागो को लाया जाता है। आइसलैण्ड इसका उदाहरण ह।

द्वीपो की उत्पत्ति चाह जिस प्रकार स क्यो न हुई हो, अधिकाश विद्यमान द्वीप न्यूनाधिक रूप मे स्पष्टत अपक्षरण द्वारा ही परिवतन म आये ह।

द्वीपो के तट उन सभी परिवतनो मे प्रभावित हुए है जो महाद्वीपो के तटो को प्रभावित करत है। एक ओर तो द्वीप, तरगो द्वारा नष्ट होने की सम्भावना रखत ह, दूसरी ओर वे महाद्वीपो मे मिलकर अपना स्वरूप भी खो सकत है। इस प्रकार का सयोग पटल विरूपण अथवा श्रेणीकरण द्वारा उत्पन्न हो सकता है (पट्ट २२)

Fig 440
Diagram of a fringing reef

Fig 441
Diagram of a barrier reef

जैसे, कोई द्वीप निक्षेपण द्वारा मुख्य भूमि मे जुड सकता है। मुख्य भूमि के साथ जुड जाने के बाद पहले वाला द्वीप तट की एक स्पष्ट विषमता का एक भाग बन जाता है।

(५) **जीवज क्रियाओ द्वारा** (By organic processes)—पृथ्वी के कुछ भागो म मूगा म निर्मित अनक द्वीप ह। छोट छोट जीव (polyps—मूगे के कीटाणु) जो मूग को बनात है वहा रहत ह जहा (१) जल ३७ मीटर (१२० फुट) या इससे कम गहरा हो (२) तापमान लगभग २०° स० से कभी भी नीचे नही गिरता हो, (३) जल का खारापन औसत समुद्र क जल के खारापन के बराबर हो, (४) जल तलछट मे प्राय मुक्त हो, तथा (५) जल पवन द्वारा कुछ हिलता हो। ऐसी परिस्थितियो म कीटाणु विकसित होते है और वे मूगे की चट्टान (coral reef—प्रवाल श्रेणी) एव प्रवाल द्वीप का निमाण करते ह।

अपन जीवन के प्रारम्भिक भाग के अतिरिक्त प्रवाल निर्माण आरम्भ करने से पूव मूग क कीटाणु स्वतन्त्र विचरण करने वाल जीव नही होते हैं। अपन जीवन के अधिकतर भाग म वे निरन्तर स चिपके ही रहत है। वे ज्वालामुखी से उत्पन्न अनक द्वीपो के आसपास तथा कुछ महाद्वीपीय तटो के समीप बढते ह, जैसे आस्ट्रेलिया के पूर्वी तट के समीप। यदि पानी उथला हो और तापमान ठीक हो तो व कुछ स्थानो मे द्वीपो एव महाद्वीपो स दूर भी अच्छी तरह से विकसित होत है।

चित्र ४४० तथा ४४१ म प्रवाल-श्रेणिया दिखायी गयी है। व श्रेणियाँ जो स्थल से इतनी पर्याप्त दूरी पर है कि बीच मे कुछ चौडा और गहरा अनूप (lagoon) छोड दें, **अवरोधक दीवार** (barrier reefs) कहलाती हैं, जो स्थल क

Fig 441

An atoll (*From Dana's Corals and Coral Islands by permission of Dodd, Mead & Co*)

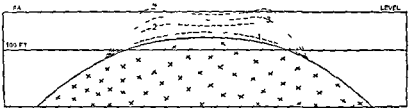



Fig 445

Coral island developed from a submerged volcano (or other rock)

Fig 446

Coral growing

१०

पार्थिव (भौमिक) चुम्बकत्व

(TERRESTRIAL MAGNETISM)

पृथ्वी एक विशाल चुम्बक है और उन छोटे चुम्बकों के समान जिनसे हम परिचित है, इसके भी दो ध्रुव होते है। इन ध्रुवों में से एक ध्रुव को उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव और दूसरे को दक्षिणी चुम्बकीय ध्रुव कहते है। सामान्यतया, चुम्बकीय अथवा कम्पास (दिकसूचक) की सुई का एक सिरा इन ध्रुवों में से एक ध्रुव की ओर संकेत करता है और दूसरे सिरा दूसरे ध्रुव की ओर। यदि हम उस दिशा को जिसकी ओर कम्पास की सुई संकेत करती है, चलते चले जाएँ तो एक ओर हम उत्तरी ध्रुव तक और दूसरी ओर दक्षिणी ध्रुव तक पहुँच जाएँगे।

जहा तक ज्ञात है उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव की स्थिति अक्षांश में ७०° उ० अ० से कुछ ऊपर और देशान्तर में लगभग ९७° पश्चिम देशान्तर पर है। कैप्टन अमुण्डसेन (Captain Amundsen) का कथन है कि इस ध्रुव की "कोई तात्कालिक स्थिति (immediate situation) नही है", जिसका अर्थ सम्भवत यह है कि ध्रुव कोई निश्चित बिन्दु नही है। दक्षिणी चुम्बकीय ध्रुव अक्षांश में ७०°२५′ दक्षिण और देशान्तर में लगभग १५५°१६′ पूर्व है। इस स्थिति का हिसाब उन दिशाओं से लगाया गया है जिनमें कम्पास की सुई ध्रुव के समीप विभिन्न स्थानों पर डुबकी लगाती है। इसका पता सबसे पहले शैकल्टन अभियात्री दल (Shackleton Expedition) के सदस्यों को (प्रोफेसर डेविड की अध्यक्षता में—under Prof David) जनवरी १९०९ में लगा था।

उपर्युक्त वर्णन से यह ज्ञात हो जायगा कि चुम्बकीय ध्रुव भौगोलिक ध्रुवों से बहुत दूर है और वे ठीक-ठीक एक दूसरे के सामने नही है। यह भी विश्वास किया जाता है कि उनकी स्थिति पूर्णतया स्थिर नही है, यद्यपि वे दूर तक घूमते हुए ज्ञात नही होते है। यह विचार किया जाता है कि उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव ने १८३० के बाद ५०-६० वर्षों में अपनी स्थिति को लगभग ८० या ९० किलोमीटर (५० या ६० मील) बदला है, यद्यपि यह निर्णय सही ज्ञात नही होता है।

चूंकि चुम्बकीय सुई का उत्तरी सिरा उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव की ओर संकेत करता है, अत यह कहा जा सकता है कि कम्पास अनेक स्थानों में वास्तविक उत्तर एवं दक्षिण की ओर संकेत नही करता है। उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव से उत्तर की ओर के स्थानों पर सुई का "उत्तरी" सिरा एक दक्षिणी दिशा की ओर संकेत करता है।

उससे दक्षिण के स्थानों पर वह सिरा उत्तरी दिशा की ओर संकेत करता है, और पश्चिमी बिन्दुओं (स्थानों) पर पूरब की ओर तथा पूरबी बिन्दुओं पर पश्चिम की ओर संकेत करता है। वास्तविक उत्तर और दक्षिण से सुई का हटाव **चुम्बकीय दिक्पात** (magnetic declination) कहलाता है। समान दिक्पात के स्थानों को जोड़ने वाली रेखाओं को **समविनत रेखाएँ** (isogonic lines) कहते हैं। बिना दिक्पात (no declination) के स्थानों को जोड़ने वाली रेखा को **अविनत रेखा** (agonic line) कहते हैं।

चित्र ४४७ में एक अविनत रेखा संयुक्त राज्य में दिखायी गयी है जो सुपीरियर झील से दक्षिणी करोलिना तक जाती है। इस रेखा पर चुम्बकीय सुई वास्तविक

Fig. 447
Isogonic lines for the United States, 1902. The heavy line is an agonic line, or line of no declination.
(U. S. Coast and Geodetic Survey)

उत्तर एवं दक्षिण की ओर संकेत करती है। इस रेखा के पूरब के सभी स्थान **पश्चिमी दिक्पात** और पश्चिम के सभी स्थान **पूरबी दिक्पात** रखते हैं। सामान्यतया अविनत रेखा (agonic line) से बढ़ती हुई दूरी के साथ दिक्पात भी बढ़ जाता है। जैसे, मेन (Maine) में अधिकतम दिक्पात २०° प० से अधिक है तथा वाशिंगटन में २०° पूरब से अधिक है (**चित्र ४४७**)। शिकागो पर दिक्पात लगभग ३° पूरब; न्यूयार्क पर लगभग १०° पश्चिम, डेनवर (Denver) पर लगभग १३° पूरब, तथा सैन फ्रांसिस्को पर लगभग १८° पूरब है। यह स्पष्ट है कि यदि किसी स्थान पर दिशाओं का निर्णय करने के लिए कम्पास का प्रयोग करना है तो उस प्रदेश का चुम्बकीय दिक्पात जानना आवश्यक है।

चित्र ४४७ एवं ४४८ में दिखाये गये दिक्पात शैल-संरचनाओं (rock formations) द्वारा स्थानीय रूप में, विशेषकर चुम्बकीय लौह-धातुक (magnetic

Fig 448

Lines of equal magnetic declination, 1905 (*British Admiralty*)

iron ore) द्वारा खण्डित (interfered) हो जाते है। इस प्रकार के धातुक (ores) के विशाल ढेरो के समीप स्थित चुम्बकीय सुई चित्र ४४७ एवं ४४८ की रेखाओ द्वारा दिखाये गये दिक्पात से बहुत दूर हट सकती है।

चूंकि चुम्बकीय ध्रुव मन्द गति से अपने स्थानो को बदलते है, अतः किसी भी स्थान पर दिक्पात परिवर्तित होता रहता है। परन्तु यह निश्चित नही है कि चुम्बकीय दिक्पात की सभी भिन्नताएँ चुम्बकीय ध्रुव के स्थान-परिवर्तन के कारण ही होती है। शिकागो का दिक्पात १८२० ई० से २° से अधिक बदला है।

नमन (Dip)—अधिकाश स्थानो मे चुम्बकीय सुई क्षैतिज स्थिति (horizontal position) ग्रहण नहीं करती है। चुम्बकीय ध्रुवो पर इसको ऊर्ध्वाधर (vertical) होना चाहिए और उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव पर सुई का उत्तरी सिरा नीचे होगा। दक्षिणी चुम्बकीय ध्रुव पर इसकी स्थिति विपरीत हो जाएगी। चुम्बकीय ध्रुवो के बीच ठीक आधी दूरी पर, अर्थात् चुम्बकीय विषुवत रेखा पर, सुई को क्षैतिज स्थिति मे होना चाहिए।

तीव्रता (Intensity)—स्थान-स्थान पर चुम्बकीय तीव्रता बहुत बदलती रहती है, तथा समय-समय पर उसी स्थान मे कम भी बदल सकती है।

पार्थिव चुम्बकत्व (terrestrial magnetism) के परिवर्तन के कारणो एव परिस्थितियो का ज्ञान अस्पष्ट है।

११

भौमिक सम्बन्ध
(EARTH RELATIONS)

स्वरूप (Form)—पृथ्वी का स्वरूप एक गोले के स्वरूप से मिलता-जुलता है, किन्तु वह पूर्णत गोल (sphere) नही है, अत उसे गोले के आकार के समान गोल, अथवा गोलाकार (spheroid) कहते है। इसके स्वरूप का निश्चय विभिन्न प्रकारो से किया गया है : (१) जहाज पृथ्वी के चारो ओर परिक्रमा कर चुके है। इससे यह सिद्ध होता है कि पृथ्वी प्रत्येक स्थान पर वक्र तलो (curved surfaces) से घिरी हुई है, यद्यपि इससे यह सिद्ध नही होता है कि वह एक गोला है अथवा गोलाकार है। यदि इसका आकार एक अण्डे के समान होता तो भी इसके चारो ओर परिक्रमा करना सम्भव होता। (२) यह देखा गया है कि जब कोई जहाज समुद्र मे यात्रा के लिए निकलता है तो पहले उसका निचला भाग दृष्टि से ओझल होता है। जब कोई जहाज तट से ६.४४ मीटर (४ मील) दूर चला जाता है तो उसके पेदे का १.५ मीटर (५ फुट) निचला भाग तट पर खड़े निरीक्षक की दृष्टि से ओझल हो जाता है, यदि निरीक्षक की दृष्टि समुद्र-तल के ऊपर १.५ मीटर की ऊँचाई पर हो। इसी प्रकार जब कोई जहाज तट के समीप आता है तो स्थल से निरीक्षण करने वाले की दृष्टि मे जहाज का ऊँचा भाग पहले आता है, और जहाज पर से देखने वाले की दृष्टि मे स्थल के उच्च स्थान पहले और नीचे के स्थान बाद मे आते है। जहाज से देखने पर तट पर स्थित मकानो की चोटियाँ एव चिमनियाँ छतो की अपेक्षा पहले और छते निचले भागो की अपेक्षा पहले दिखाई देती है। इन दृश्यो से केवल यह सिद्ध होता है कि पृथ्वी का तल वक्र है (न कि यह कि पूर्ण पृथ्वी का ही आकार गोल है—अनु०), किन्तु यह देखा गया है कि जहाज चाहे जिस दिशा मे जाएँ और चाहे जिस बन्दरगाह से यात्रा करना आरम्भ करे, स्थल पर स्थित पदार्थ प्राय एक ही गति से ओझल होते है। इसका अर्थ यह है कि **वक्रता (curvature) सभी दिशाओं में लगभग समान है**। यदि किसी वस्तु (body—काय) की वक्रता सभी दिशाओ मे **समान** हो तो वह **गोल** होती है, और जिस वस्तु की वक्रता सभी दिशाओ मे **लगभग समान** हो तो वह वस्तु **लगभग गोल** (nearly sphere) होती है। अत पृथ्वी का स्वरूप किसी गोले से अति दूर नही है। (३) इसके अतिरिक्त, पृथ्वी कभी-कभी सूर्य एव चन्द्रमा के सीधे बीच मे पड़ जाती है, और तब पृथ्वी की छाया चन्द्रमा पर पड़ती है। यह छाया सदैव गोल ही होती

है, यद्यपि इसके किनारे बहुत स्पष्ट नही होते है। (४) सीस-रेखा (plumb line) की दिशा (पृथ्वी के क्षैतिज तल पर लम्बवत) पृथ्वी के तल पर एक स्थान से दूसरे स्थान पर बदल जाती है, और यह परिवर्तन एक ऐसे कोण द्वारा होता है जो बिन्दुओं के बीच की दूरी के साथ लगभग (किन्तु पूर्णतया नही) पूर्णत समानुपातीय (proportional) होता है, चाहे वे बिन्दु कही भी क्यो न हो। यदि दिशा का परिवर्तन दो बिन्दुओ के बीच की दूरी के साथ पूर्णत समानुपातीय होता, चाहे वे बिन्दु कही भी लिये जाएँ, तो पृथ्वी एक गोला हुई होती (चित्र ४४९)।

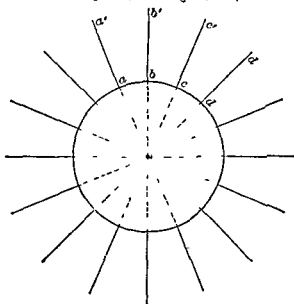



Fig 449
The circle represents the earth s circumference The extensions of the radii represent the directions of the plumb lines at various positions The distance from a to b is the same as that from b to c and c to d, and the change in the direction of the plumb line that is the angle between aa and bb is nearly the same as that between bb and cc cc and dd, etc This is true for all parts of the earth Though the angles are nearly the same, they are not precisely the same

यह तक एक दूसरे प्रकार से भी उपस्थित किया जा सकता है। सितारे (stars) पृथ्वी से बहुत दूर है। जब कोई व्यक्ति पृथ्वी तल पर यात्रा करता है और यह यात्रा चाहे जहा से आरम्भ हो और चाहे जिस दिशा मे ही क्यो न की जाए तो सितारो की प्रत्यक्ष दिशाओ मे परिवर्तन होता है और परिवर्तन का परिमाण यात्रा की दूरी के साथ प्राय पूर्णत समानुपातीय ही होता है। ऐसा ज्ञात होता है

कि तारों की स्थिति में होने वाले इस परिवर्तन के महत्त्व को कतिपय ग्रीक विद्यार्थियों ने ६८० ई० पूर्व ही, कम से कम सामान्य शब्दावली में ठीक प्रकार से व्यक्त कर दिया है। बाद में विभिन्न अवसरों पर व्यक्तिगत विद्यार्थियों द्वारा भी यही विचार मान लिया गया, ऐसा प्रतीत होता है। कोलम्बस ने निम्न शब्दों में इसे स्वीकार किया है, "मैंने सदैव यह पढ़ा है कि स्थल एवं जल से संयुक्त यह पृथ्वी गोलाकार (spherical) है, जैसा कि टाल्मी (Ptolemy) तथा उन अन्य व्यक्तियों की खोजों द्वारा सिद्ध हो चुका है जिन्होंने इसे चन्द्र-ग्रहणों द्वारा पूरब से पश्चिम में किये गये अन्य निरीक्षणों द्वारा एवं उत्तर से दक्षिण तक ध्रुव (ध्रुवतारा) की ऊँचाई द्वारा सिद्ध किया है।"[1] इन तथा अन्य प्रकारों[2] से यह ज्ञात होता है कि पृथ्वी का स्वरूप एक गोले के स्वरूप से अति भिन्न नहीं है।

आकार (Size)—पृथ्वी की परिधि (circumference) लगभग ४०,२२५ किलोमीटर (२५,००० मील) है और इसका व्यास (diameter) लगभग १२,८७२ किलोमीटर (८,००० मील) है। चूँकि पृथ्वी एक पूर्ण गोला नहीं है, अतः इसके विभिन्न व्यास एवं परिधियाँ पूर्णतः बराबर नहीं हैं। इसका अधिकतम लम्बा व्यास १२,८३३ किलोमीटर (७,९२६·५ मील) है और इसका सबसे छोटा व्यास लगभग ४२ किलोमीटर (२७ मील) कम १२,७९१ किलोमीटर है। इसकी लघुतम परिधि इसकी दीर्घतम परिधि की अपेक्षा लगभग ६८ किलोमीटर (४२ मील) कम है।

पृथ्वी के तल का क्षेत्रफल लगभग ४७,००,००,००० वर्ग किलोमीटर (१९,७०,००,००० वर्ग मील) है और इसका आयतन (volume—परिमा), वायुमण्डल को छोड़कर, लगभग १८,२०,००,००,००,००० घन किलोमीटर (२,६०,००,००,००,००० घन मील) है। समान आयतन के जल-पिण्ड की अपेक्षा पृथ्वी उसके पाँच और छ. गुने के बीच अधिक भारी है।

गतियाँ
(Motions)

पृथ्वी की दो प्रधान गतियाँ हैं। वे हैं : (१) परिभ्रमण (rotation), तथा (२) सूर्य के चारों ओर परिक्रमण (revolution around the sun)। पृथ्वी अपने लघुतम व्यास पर परिभ्रमण करती है। इस व्यास को भू-अक्ष (axis of earth) कहते हैं। परिभ्रमण के अक्ष के सिरे (ends of axis of rotation) ध्रुव हैं और उन दोनों के मध्य की परिधि भूमध्यरेखा है। भूमध्यरेखा पृथ्वी की सबसे बड़ी परिधि है। भूतल पर ध्रुव से ध्रुव तक जाने वाली (कल्पित) रेखाएँ मध्याह्न-रेखाएँ कहलाती हैं और सभी मध्याह्न-रेखाएँ प्रत्येक ध्रुव पर मिल जाती हैं।

परिभ्रमण (Rotation)—पृथ्वी का परिभ्रमण सामान्य प्रयोगों द्वारा प्रदर्शित किया जाता है : (१) यदि किसी ऊँची मीनार से कोई पदार्थ गिराया जाता

---

1 Hakluyt Soc. Pulo., *History of Columbus's Third Voyage*, Vol. II, p. 129.

2 See Moulton's Introduction to Astronomy, pp. 114-24.

है तो वह जिस स्थान से गिरता है उसके ठीक नीचे न गिरकर उससे तनिक हटकर पूर्व की ओर गिरा करता है। इस तथ्य को निम्न प्रकार से भी समझाया जा सकता है यदि पृथ्वी परिभ्रमण करती है तो कोई बिन्दु, उस अन्य किसी बिन्दु की अपेक्षा जो उसके केन्द्र के अधिक समीप है, अधिक तीव्र गति से चक्कर काटेगा और इसका कारण वही होगा जो किसी पहिये के घेरे (rim) पर स्थित बिन्दु उस बिन्दु की अपेक्षा जो पहिये के घेरे और नाल (hub) के मध्य स्थित है, अधिक तीव्र गति से घूमेगा। इसी प्रकार यदि पृथ्वी परिभ्रमण कर रही है तो किसी मीनार का शीर्ष मीनार की जड़ अथवा नीचे के तल की अपेक्षा अधिक तीव्र गति से आगे को घूमता होगा। ऐसी दशा में गिरता हुआ पदार्थ, जिसका गिरना मीनार के शीर्ष से आरम्भ होता है मीनार के आधार की अपेक्षा अधिक अग्रगामी वेग (forward velocity) रखता है। ऐसी परिस्थितियों में गिरता हुआ पदार्थ मीनार के आधार से परिभ्रमण की दिशा में आगे बढ़ जाएगा, अर्थात् यदि पृथ्वी पूरब को परिभ्रमण करती है तो गिरता हुआ पदार्थ जबकि वह गिरना आरम्भ हुआ था तब की अपेक्षा जब वह भूमि पर पहुँचता है तब वह मीनार के आधार की अपेक्षा अधिक पूरब को होगा, अर्थात् वह मीनार से पूरब की ओर गिरता हुआ प्रतीत होता है (चित्र ४५१)। यदि पृथ्वी पश्चिम की ओर को परिभ्रमण करती होती तो पदार्थ दूसरी ओर को गिरता। चूंकि ऐसा कोई भी पदार्थ सदैव पूरब की ओर ही गिरता है और चूंकि पृथ्वी के पूरब की ओर के परिभ्रमण के अतिरिक्त अन्य किसी प्रकार से इसका समाधान होता प्रतीत नहीं होता है, अतः यह प्रमाण मान लिया गया है कि पृथ्वी उस दिशा में परिभ्रमण करती है। हमारे अक्षांश में वास्तविक विचलन (deviation) १५० मीटर (५०० फुट) गिरने के लिए लगभग २५.६ मिलीमीटर (१ इंच) है।

Fig 450
The leaning tower of Pisa where some of Galileo's famous experiments on falling bodies were performed

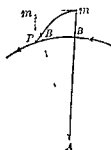



Fig 451
Figure to illustrate the effect of rotation on a falling body as explained in text

चित्र ४५१ गिरते हुए पदार्थ में निहित सिद्धान्त को जताता है। मान लिया कि AB=पृथ्वी का अर्द्धव्यास, और m मीनार का शीर्ष है (ऊँचाई बहुत बढ़ाकर दिखायी गयी है) जो भूतल से ऊपर है। मान लो कि एक पदार्थ m से गिराया जाता है। यदि पृथ्वी परिभ्रमण नहीं कर रही होती तो पदार्थ सीस रेखा (plumb line) की दिशा में गिरता और तल को B पर स्पर्श करता। परन्तु, मान लो कि पृथ्वी एक ऐसी गति से परिभ्रमण कर रही है कि जब तक कि m तल की ओर को गिर

रहा है तब तक BA बदल कर $B'A$ मे आ जाता है। यदि पृथ्वी का आकर्षण न होता तो m एक सीधी रेखा मे m' तक पहुँचता। गुरुत्वाकर्षण (gravitative attraction) इस रेखा mm' पर समकोण पर है, और यद्यपि यह m की गति की मात्रा को m' की दिशा मे परिवर्तित नही करता है, तथापि यह उस पर पृथ्वी की ओर एक नवीन गति लाद देता है। परिणाम यह होता है कि यह एक वक्ररेखा mR बनाता है और R पर भूतल को स्पर्श करता है जो m' B' लम्ब के तल से तनिक आगे है।[1]

(२) एक दूसरा प्रयोग जो इसी बात को दिखाता है, एक दोलन (pendulum) द्वारा (जिसे Foucault's pendulum कहते है) किया जा सकता है। यदि एक दोलन (निदोल) छत से लटका दिया जाए और उसे भूतल पर दी हुई किसी रेखा के समानान्तर हिला दिया जाए; जैसे फर्श पर की किसी रेखा के समानान्तर, तो तनिक देर के बाद यह देखा जाएगा कि दोलन एक ऐसे तल मे झूल रहा होता है जो प्रथम रेखा के समानान्तर नही है। दोलन जिस रेखा के साथ-साथ शुरू किया गया था उसके प्रसग मे अपनी दिशा को परिवर्तित करता है और यह परिवर्तन ध्रुवो के समीप अधिक तीव्रता से तथा भूमध्यरेखा के समीप कम तीव्रता मे होता है। यदि दोलन को किसी मध्याह्न-रेखा के साथ-साथ किसी ध्रुव के इतने समीप हिलता हुआ छोडा जा सकता है कि झूलने की क्रिया (swing—झूल) का एक सिरा ध्रुव तक केवल पहुँचता हुआ होता तो यह देखा जाता कि दोलन उस मध्याह्न-रेखा के समकोण पर झूल रहा है जिस पर कि वह आरम्भ हुआ था, जबकि पृथ्वी अपने मार्ग को चौथाई घूम चुकी हो। यह क्रिया **चित्र ४५२** मे दिखायी गयी है। यदि दोलन (निदोल) को किसी ध्रुव और भूमध्यरेखा के बीच की आधी दूरी पर हिलता हुआ छोड दिया गया होता तो वह, जबकि पृथ्वी अपने मार्ग के चौथाई भाग पर घूम चुकी होती, जिस तल पर आरम्भ हुआ था उससे बहुत कम विचलित हुआ होता। यह क्रिया भी **चित्र ४५२** मे दिखायी गयी है। यदि दोलन (pendulum) को भूमध्यरेखा पर इस प्रकार से लटकता हुआ छोड दिया गया होता कि झूल (swing) का आधा-आधा भाग इसके दोनो ओर रहता तो झूल अपनी मूल स्थिति के साथ समानान्तर बनी रहती।

भूमध्यरेखा के अतिरिक्त जिस मध्याह्न-रेखा के तल मे दोलन झूलता हुआ छोड़ा गया था उस तल से दोलन के विचलन का अर्थ प्राय यह लगाया जाता है कि वह मध्याह्न-रेखा, जिसके तल (plane) मे दोलन पहले झूला था, अपनी स्थिति को परिवर्तित कर चुकी है और अपनी नवीन स्थिति मे वह उस स्थिति के समानान्तर नही है जिसमे दोलन ने झूलना आरम्भ किया था। दोलन स्वय अपने मूल तल (original plane) मे झूलता रहता है किन्तु यह तल मध्याह्न-रेखा की परिवर्तित स्थिति मे उसके समानान्तर अब नही रह गया है। इस कथन के अनुसार दोलन

---

[1] Moulton's Introduction to Astronomy, pp. 148-49.

अपनी दिशा को परिवर्तित कर गया हुआ ज्ञात होता है क्योंकि हम दिशा का निश्चय मध्याह्न रेखाओं से करते हैं और किसी मध्याह्न-रेखा की क्रमिक स्थितियाँ किसी परिभ्रमणशील गोलाकार पिण्ड (body) के ऊपर, केवल परिभ्रमणशील पिण्ड की भूमध्यरेखा को छोड़कर एक दूसरे के समानान्तर नहीं रह पाती हैं।

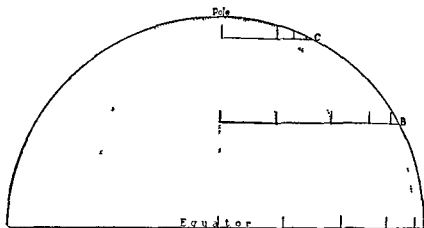



Fig 452

Diagram to illustrate the fact that the direction of the swing of the pendulum changes more rapidly in high latitudes than in low latitudes A pendulum set swinging with the central meridian of the diagram, in different latitudes, will depart from the meridians as shown at the right in six hours There is no departure at the equator, much in middle latitudes, and still more in high latitudes

दोलन की दिशा में यह परिवर्तन, जो भूमध्यरेखा के अतिरिक्त सार्वभौमिक (universal) होता है, उत्तरी एवं दक्षिणी गोलार्द्धों में सदा एक ही दिशा में होता है और सिद्ध करता है कि पृथ्वी परिभ्रमण करती है। भूमध्यरेखा पर दोलन की दिशा में परिवर्तन नहीं होता है, अतः इसकी व्याख्या इस प्रकार की जाती है— क्योंकि सभी मध्याह्न रेखाएँ वहाँ पर एक दूसरे के समानान्तर होती हैं और इसलिए किसी मध्याह्न-रेखा की सभी क्रमिक स्थितियाँ समानान्तर होती हैं। इस कथन के अनुसार दोलन की मूल की दिशा में स्पष्ट परिवर्तन ध्रुवों के समीप की अपेक्षा भूमध्यरेखा और ध्रुवों के बीच के मध्य में कम तीव्रता के साथ होता है (चित्र ४५२) क्योंकि पहली स्थिति की अपेक्षा दूसरी स्थिति में मध्याह्न रेखाएँ एक-दूसरे से अधिक अंश में समानान्तर होती हैं।

यदि परिस्थिति की सम्पूर्ण व्याख्या यही होती तो दोलन की मूल २४ घण्टा में अपनी मूल स्थिति के साथ सदैव समानान्तर होनी चाहिए, चाहे दोलन भूमध्य रेखा के समीप हो और चाहे ध्रुव के। इसके सत्य न होने के कारण ही ऊपर का कथन इस घटना की पर्याप्त व्याख्या नहीं है। यद्यपि अक्षांश पर दोलन की मूल की

दिशा के अन्तर की दर के निर्भर होने की पूर्ण व्याख्या यहाँ पर नही दी जा सकती है, तथापि वह भलीभाँति समझी तो जाती ही है।

पृथ्वी का स्वरूप उसके परिभ्रमण के साथ सगत (consistent) रहता है, किन्तु इसे सिद्ध कर सकना सरल नही है। कोई पिण्ड (body—काय) जो पूर्णत. कठोर न हो (और कोई ऐसा पिण्ड है भी नही), परिभ्रमण करने से अपने ध्रुवो पर कुछ-कुछ चपटा (flat) हो जाएगा और अपनी मध्यरेखा पर कुछ-कुछ वाहर को निकल आयेगा। यही दशा पृथ्वी की भी है क्योंकि ध्रुवों के वीच का व्यास लघुतम व्यास है तथा भूमध्यरेखा के तल का व्यास सवसे लम्वा व्यास है। परिभ्रमण के फलस्वरूप होने वाले चपटेपन (flatness) की मात्रा (१) परिभ्रमण की दर, और (२) पिण्ड की कठोरता, पर निर्भर होती है। परिभ्रमण जितना ही अधिक तीव्र होगा और पिण्ड जितना ही कम कठोर होगा, ध्रुवीय चपटापन (flatness) उतना ही अविक होगा।

परिभ्रमण के परिणामस्वरूप भूतल पर कोई स्थान जिस गति से घूमता है उसमे वहुत अन्तर होता है। भूमध्यरेखा पर के स्थान तीव्र गति से घूमते है क्योकि उनको एक पूर्ण परिभ्रमण की अवधि मे सवसे अविक दूरी तय करनी पडती है। भूमध्यरेखा पर जहाँ परिधि लगभग ४०,२२५ किलोमीटर (२५,००० मील) है। परिभ्रमण के फलस्वरूप किसी विन्दु को एक दिन मे लगभग ४०,२२५ किलोमीटर चलना पडता है। भूमध्यरेखा एव किसी भी ध्रुव के वीच के मध्य कोई विन्दु प्रतिदिन लगभग २८,३१८ किलोमीटर (१७,६०० मील) चलता है जवकि ध्रुवो के ऊपर परिभ्रमण के परिणामस्वरूप होने वाले संचलन की गति शून्य है।

परिभ्रमण का प्रभाव (Effect of rotation)—परिभ्रमण का सवसे अविक स्पष्ट प्रभाव दिन-रात का वारी-वारी से होना होता है। प्रत्येक परिभ्रमण मे पृथ्वी का एक पार्श्व (side) और फिर दूसरा पार्श्व सूर्य के सामने से घूम जाता है। किन्तु यह ध्यान रखना चाहिए कि दिन और रात का वारी-वारी से होना ही स्वय परिभ्रमण को सिद्ध नही करता है, क्योकि दिन और रात प्रत्येक दिन पृथ्वी के चारो ओर सूर्य के परिक्रमण (revolution) द्वारा भी उतनी ही अच्छी तरह से हो सकते हैं। परिभ्रमण की अवधि २४ घण्टे, एक दिन (दिन और रात मिलाकर) की लम्वाई निश्चित करती है।

परिक्रमण (Revolution)—पृथ्वी द्वारा सूर्य के चारो ओर परिक्रमा करना पृथ्वी की दूसरी प्रधान गति होती है। इस गति को सिद्ध कर सकने के लिए कोई भी साधारण प्रयोग नही वताया जा सकता है, किन्तु परिक्रमण की घटना विभिन्न प्रकारो से स्पष्ट की जा सकती है।

यदि एक लम्वी अवधि तक व्यक्तिगत (individual) सितारो की स्थितियो का निरीक्षण किया जाए तो वे प्रत्येक वर्ष छोटी परिधियाँ (circuits) वनाते हुए ज्ञात होते है। कुछ परिधियाँ लगभग वृत्ताकार होती हैं और कुछ करीव-करीव सीधी रेखाएँ। उनमें से कुछ वड़ी और कुछ छोटी होती है। सितारो की प्रत्यक्ष

स्थिति म यह वार्षिक परिवतन उनका **वार्षिक दिक्भेद** (दिग्भेद) (annual parallax) कहलाता है। या तो सितार इस वार्षिक परिधि का वनात ह (सब क सब एक ही अवधि म), या पृथ्वी आकाश म एक वार्षिक परिधि बनाती ह जा सितारा की प्रत्यक्ष वार्षिक गति का कारण है। यह तथ्य, कि सितारा की यह प्रत्यक्ष परिधिया सभी एक ही समय की अवधि म बनती ह, इस बात को अधिक सम्भव बनाता ह कि सितारा की स्वय की व्यक्तिगत गतिया क कारण की अपक्षा व पृथ्वी की गति के कारण से बनती ह। सितारो के प्रत्यक्ष वार्षिक मार्गा के विभिन्न आकारा का कारण यह है कि कुछ सितारे अ या की अपक्षा पृथ्वी के अधिक समीप ह और वे जितने ही अधिक समीप है उतनी ही अधिक बडी वार्षिक परिधिया बनात हुए प्रतीत होत है। वार्षिक मागा के विभिन्न स्वरूपा का कारण सितारा की दिशा हा सकती है, उनम से कुछ निरीक्षक स ध्रुव की और कुछ भूमध्यरखा की दिशा मे होगे।

अनक अ य प्राकृतिक एव खगोलीय (astronomical) दृश्य जिनक वणन की यहा आवश्यकता नही है, यह प्रकट करत ह कि पृथ्वी सूय के चारा आर एक वार्षिक परिधि बनाती है।

पृथ्वी सूय के चारा ओर अपनी परिक्रमा का पूरा करन म जितना समय लेती है उससे वष की अवधि निश्चित की जाती ह। यह समय ३६५ दिन स कुछ ही अधिक हाता है।

सूय के चारो ओर परिक्रमा करन म पृथ्वी जिस माग का अनुसरण करती है उस माग का पृथ्वी की कक्षा या ग्रह पथ (orbit) कहते ह। पृथ्वी की कक्षा

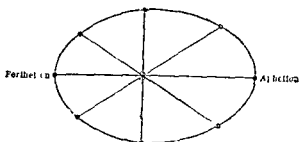



Fig 453
The orbit of the earth is an ellipse with the sun in one of the foci

(कक्षा) एक वृत्त नही है, वरन् वह एक अण्डाकार आकृति (ellipse) ह (चित्र ४५३), और उसकी नाभिया (foci) म स एक म सूय अण्डाकार आकृति क क द्र से २४,१३,५०० किलामीटर (१५,००,००० मील) स अधिक दूर पर हाता है। जब पृथ्वी सूय के निकटतम होती है, तब पृथ्वी और सूय के बीच की दूरी उस दूरी की अपक्षा जबकि व एक दूसरे स अधिकतम दूरी पर हात हैं, ४८,२७,००० किलोमीटर (३०,००,००० मील) से अधिक कम हाती है। एसा होता है कि पृथ्वी सूय

के निकटतम (लगभग १४,७०,५०,५०० किलोमीटर या ६.१५,००,००० मील) उत्तरी गोलार्द्ध के आरम्भिक शीत ऋतु (जनवरी के आरम्भ) में होती है और उससे अधिक दूरी पर (लगभग १४,७२,२३,५०० किलोमीटर या ६,४५,००,००० मील) आरम्भिक ग्रीष्म ऋतु (जुलाई के आरम्भ में) में होती है। उपसौरिका (The perihelion—सूर्य के समीप की) और अपसौरिका (aphelion—सूर्य से दूर की) तिथियाँ मन्दकालीन परिवर्तन (slow periodic change) से प्रभावित हैं। ४००० ई० पू० उपसौरिका तिथि २१ सितम्बर थी। सन् ६५९० में यह तिथि २१ मार्च होगी।

सूर्य के चारों ओर परिक्रमा करते समय आकाश में पृथ्वी के चलने की गति लगभग ९,६५,४०,००,००० किलोमीटर (६०,००,००,००० मील) प्रति वर्ष रहती है। इसका अर्थ यह है कि पृथ्वी प्रतिदिन लगभग २५,७४,४०० किलोमीटर (१६,००,००० मील) चलती है अथवा लगभग १,०७,२६५.५ किलोमीटर (६६,६६६ मील) प्रति घण्टा।

पृथ्वी की धुरी (axis) इसके कक्षा-तल (plane of orbit) की ओर लगभग २३½° झुकी हुई है। धुरी (अक्ष) की यह स्थिति, एवं पृथ्वी की गतियाँ मिलकर सूर्य से प्राप्त ऊष्मा और प्रकाश के वितरण में महत्त्वपूर्ण भाग लेती हैं, और इसी प्रकार दिन (प्रकाश) और रात (अंधेरा) की लम्बाई में विभिन्नताओं तथा ऋतुओं के क्रम में उनका बहुत हाथ रहता है। किन्तु यह समझने का प्रयत्न करने से पूर्व कि ये परिवर्तन कैसे होते हैं, हमें कतिपय उन पारिभाषिक शब्दों से परिचित हो जाना पड़ेगा जो इन परिवर्तनों के वर्णन में प्रयोग में आते हैं।

अक्षांश, देशान्तर और समय
(Latitude, Longitude and Time)

अक्षांश (Latitude)—वे (सभी कल्पित) वृत्त (circles) जो भूमध्यरेखा के समानान्तर होते हैं, **अक्षांश** कहलाते हैं। (भूमध्यरेखा भी स्वयं एक कल्पित रेखा ही है।—अनु०) जितनी भी समानान्तर रेखाएँ खींची जा सकती हैं उनकी संख्या अनन्त है, यद्यपि मानचित्रों में इनमें से कुछ ही दिखायी जाती हैं। छोटे पैमाने के मानचित्रों पर समानान्तर रेखाएँ प्रत्येक ५° या १०° पर खींची जाती हैं। बड़े पैमाने के मानचित्रों पर वे प्रत्येक १° या २° के लिए भी खींची जा सकती हैं। कभी-कभी वे एक अंश की भिन्नों (fractions) के लिए भी खींची जा सकती हैं। इन समानान्तर रेखाओं की लम्बाइयों में पर्याप्त अन्तर होता है; इनमें से जो भूमध्यरेखा के समीप होती हैं वे अधिक लम्बी एवं जो ध्रुवों के समीप होती हैं वे अधिक छोटी होती हैं।

सभी समानान्तर रेखाओं के तल पृथ्वी की धुरी पर लम्बवत् (perpendicular) होते हैं, किन्तु भूमध्यरेखा के अतिरिक्त धुरी पर लम्बवत् कोई भी वृत्त बड़ा वृत्त नहीं है। इस तथ्य को **चित्र ४५४** में दिखाया गया है जो पृथ्वी की दो स्थितियों को दिखाता है। बायीं ओर के भाग में प्रत्येक दिखायी गयी समानान्तर एवं मध्याह्न-रेखा का आधा भाग दिखाया गया है। दायीं ओर के भाग में उत्तरी ध्रुव के साथ समानान्तर रेखाओं का सम्बन्ध दिखाया गया है। भूमध्यरेखा और किसी

भी ध्रुव के बीच का अन्तर एक **चरण** (quadrant—एक वृत्त का चौथाई भाग) होता है, और वह ९० भागो (९०°) मे बटा हुआ है जिन्हे अश (degrees) कहते है। अशो की सख्या भूमध्यरेखा से ध्रुवो तक ही जाती है। प्रत्येक अश ६० भागो (६०′) मे बटा हुआ है जिन्हे **कला** (minutes) कहते है और अशो के समान कलाओ की गिनती भी भूमध्यरेखा से ध्रुवो की ओर को होती है। प्रत्येक कला ६० भागो (६०″) मे विभक्त है जिन्हे **विकला** (seconds) कहते है, और विकला की गिनती भी उसी दिशा मे होती है जिसमे उसके बडे भागो की। अतएव भूमध्य रेखा से उत्तर अथवा दक्षिण की दूरी समानान्तर रेखाओ (अक्षाशो) द्वारा ठीक ठीक

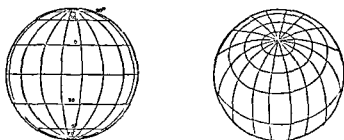



Fig 454
Parallels and meridians

दिखायी जा सकती है। इस दूरी को अक्षाश (latitude) कहते है और भूमध्य रेखा का अक्षाश ०° होता है।

वास्तव मे **भौगोलिक** अक्षाश (geographic latitude) ज्योतिषीय (नक्षत्रीय या खगोलीय) अक्षाश एव भूकेन्द्रीय अक्षाश (astronomic and geocentric latitude) से भिन्न, वह कोण है जो भूमध्यरेखा के तल और निरीक्षण के स्थान पर प्रामाणिक गोलाभ (standard spheroid) के ऊपर लम्ब के ऊपर बनता है। वह कोण तल के ऊपर (at the surface) बनने वाले चाप (arc) द्वारा नापा जाता है और चाप की लम्बाई साधारणतया अक्षाश कहलाती है।

यदि किसी स्थान का अक्षाश ४०° ६०′ ६०″ उत्तर है तो भूमध्यरेखा से उसकी दूरी और उसकी दिशा ठीक-ठीक ज्ञात है, किन्तु ४०° ६०′ ४०″ का समानान्तर रेखा पृथ्वी के चारो ओर घूमने के कारण यह स्पष्ट है कि किसी स्थान के अक्षाश का कथन केवल यह बताना है कि वह स्थान किस समानान्तर पर है किन्तु उस समानान्तर पर उसकी स्थिति इससे ज्ञात नही होती है।

देशान्तर (Longitude)—किसी समानान्तर पर स्थिति मध्याह्न रेखाओ द्वारा दिखायी जाती है। हो सकने वाली मध्याह्न रेखाओ की सख्या अनन्त (infinite) है, किन्तु, जैसा कि समानान्तर रेखाओ के विषय मे है, मानचित्रो पर साधारणत केवल कुछ ही दिखायी जाती है। एक मध्याह्न रेखा जो इगलैण्ड के ग्रीनविच स्थान से गुजरती है, बहुत पहले ही, मनमाने ढग से, मध्याह्न रेखा चुन ली गयी थी जिससे पूरब और पश्चिम की दूरियाँ गिनी जाती हैं। यह मध्याह्न रेखा

०° की मध्याह्न-रेखा है। इस मध्याह्न-रेखा के पूरब या पश्चिम की दूरी देशान्तर होती है। ०° देशान्तर के पूरब के स्थान **पूर्वी देशान्तर** (east longitude) में और इसके पश्चिम के स्थान **पश्चिमी देशान्तर** (west longitude) में होते हैं। पूर्वी एवं पश्चिमी देशान्तर क्रमशः ०° मध्याह्न १८०° तक फैली हुई मानी है अर्थात् पृथ्वी के चारों ओर आधी दूरी तक। देशान्तर के अंश, अक्षांशों के अंशों के ही समान, कला (minutes) और विकला (seconds) में विभक्त हैं।

भूतल पर किसी स्थान की स्थिति का निश्चित निर्धारण मध्याह्न एवं समानान्तर रेखाओं द्वारा किया जाता है। यदि कोई स्थान ३०° पूरब देशान्तर में है तो ०° मध्याह्न-रेखा के पूरब में उसकी दूरी ज्ञात है। यदि साथ ही साथ वह ३०° उत्तरी अक्षांश में है, तो वह उस स्थान पर होगा जहाँ ३०° उत्तरी समानान्तर रेखा ३०° पूर्वी मध्याह्न-रेखा को काटती है। इससे भूतल पर उसकी स्थिति ठीक-ठीक ज्ञात हो जाती है।

प्रत्येक मध्याह्न-रेखा प्रत्येक ध्रुव तक पहुँचती है। अतएव ऐसा प्रतीत हो सकता है कि प्रत्येक ध्रुव में सभी देशान्तर हैं। किन्तु देशान्तर, ०° मध्याह्न-रेखा के पूरब अथवा पश्चिम की दूरी है, और किसी भी ध्रुव पर न तो पूरब होता है और न पश्चिम ही। उत्तरी ध्रुव पर एकमात्र दिशा केवल दक्षिण और दक्षिणी ध्रुव पर एकमात्र दिशा केवल उत्तर ही होती है। अतएव यह ठीक नहीं कहा जा सकता है कि ध्रुवों में भी देशान्तर होते हैं, क्योंकि वे ०° मध्याह्न रेखा के पूरब अथवा पश्चिम में नहीं हैं।

देशान्तर और समय (Longitude and time)—देशान्तर और समय के बीच एक निश्चित सम्बन्ध है। चूंकि पृथ्वी २४ घण्टों में ३६०° घूमती है, अतः वह एक घण्टे में १५° घूमती है या एक मिनट के समय में देशान्तर को १५′ घूमती है। अतएव ०° देशान्तर के किसी स्थान पर, १५° पश्चिमी देशान्तर के किसी उस स्थान की अपेक्षा, जिसका अक्षांश भी वही है, सूर्य एक घण्टा पहले और १५° पूर्वी देशान्तर पर उसी अक्षांश में स्थित किसी स्थान की अपेक्षा एक घण्टा बाद में उदय होता है। इसी प्रकार से ही १५° पश्चिमी देशान्तर की अपेक्षा ०° देशान्तर पर दोपहर एक घण्टा पहले और १५° पूर्वी देशान्तर की अपेक्षा एक घण्टा बाद में होता है। किसी निश्चित मध्याह्न-रेखा के ऊपर के सभी स्थानों पर दोपहर और आधी रात एक ही समय में होते हैं, इसलिए ऐसे स्थानों के लिए कहा जाता है कि उनका **समय** एक ही होता है, किन्तु विभिन्न मध्याह्न-रेखाओं पर के स्थानों पर समय भिन्न-भिन्न होता है। जैसे, जब शिकागो की मध्याह्न-रेखा पर के स्थानों पर दोपहर होता है तो उससे पूरब की ओर मध्याह्न-रेखाओं पर दोपहर के बाद का समय होता है, और उससे पश्चिम की ओर की मध्याह्न-रेखाओं पर दोपहर पहले का समय होता है। अतएव यदि दो स्थानों की देशान्तर रेखाएं ज्ञात हैं तो उनके समय का अन्तर सरलता से निकाला जा सकता है। चित्र ४५५, ४०° की समानान्तर रेखा पर या उसके निकट के तीन नगरों को दिखाता है जो देशान्तर में लगभग १५° दूर हैं। २१ जून को ४०°

अक्षांश मे दोपहर मे सूर्य क्षितिज स ७३½° ऊपर होगा। चित्र ४५५ का फिलडेल्फिया पर दोपहर दिखाना हुआ माना जा सकता है। इस समय (फिलेडलफिया का दोपहर) उसम १५° पश्चिम की ओर सैंटलुई पर सूर्य क्षितिज म उतना ऊपर नही होता और डेनवर पर, जो सैटलुई स १५° और भी पश्चिम म है सूर्य और भी नीचा है। जिस समय पृथ्वी १५° घूम चुकेगी तब सैटलुई म दोपहर होगा और वहा पर सूर्य क्षितिज म ७३½° ऊपर होगा, फिलेडलफिया मे वह नीचा हो चुका होगा और डेनवर म कुछ अधिक ऊँचा। जब पृथ्वी १५° और भी घूम चुकेगी (अर्थात सैटलुई क दोपहर के एक घण्टा बाद) तब डेनवर म दोपहर होगा और सूर्य वहा पर क्षितिज स ७३½° ऊपर होगा। तब तक वास्तविक अथवा सूर्य-समय (sun time) के अनुसार सैंटलुई म दोपहर क पश्चात एक घण्टा और फिलेडलफिया म दोपहर के पश्चात दो घण्टे का समय होगा।

यद्यपि किसी निश्चित मध्याह्न रेखा क ऊपर के सभी स्थानो म दोपहर एव आधी रात का समय एक ही है, तथापि वर्ष के सभी समयो मे उनके सूर्योदय और सूर्यास्त का समय एक ही नही रहता है। इसका कारण बाद म ज्ञात होगा।

पूर्व या पश्चिम की ओर जब लम्बी यात्राएँ की जाती हैं तो देशान्तर क परिवर्तनो के साथ ही साथ समय का अन्तर भी स्पष्ट हो जाता है। जैसे कि कोई घडी, जो न्यूयार्क म सही स्थानीय समय बताती है, किन्तु वहा शिकागो तक ले जाने म सही स्थानीय समय नही बताती। यात्रा म

Fig 455

Diagram to illustrate the change in the altitude of the sun from hour to hour in places in the same latitude The diagram represents noon at Philadelphia at the time of the summar solstice At this time the sun is there but a few degrees from the zenith as represented by the dotted line At St Louis, in about the same latitude but farther west the sun is much farther from the zenith at the same hour but when the noon hour arrives at St Louis the sun will be as near the zenith there as it is at Philadelphia in the diagram At Denver which is still farther west than St Louis, the sun is farther from the zenith than at St Louis at the noon hour of Philadelphia When it is noon at St Louis the sun will be as far from the zenith at Denver as it is in the diagram at St Louis At this hour the sun will be about equally distant from the zenith at Denver and at Philadelphia, but at Philadelphia it will be west of south and at Denver east of south When it is noon at Denver the sun will be as near the zenith there as it is in the diagram at Philadelphia and the position of the sun in St Louis will be as far from the zenith as it is in the diagram, but the sun will be west of south instead of east of south

उत्पन्न समय-परिवर्तन की कठिनाइयों से बचने के लिए रेल विभाग ने प्रामाणिक समय-प्रणाली (standard time-system) को अपनाया है। इस प्रणाली के अनुसार देश (संयुक्त राज्य) उत्तरी और दक्षिणी पेटियों में बाँटा हुआ है जो लगभग १५° चौड़ी है और प्रत्येक पेटी में सभी स्थान उस समय का प्रयोग करते हैं जो उस पेटी की मध्यवर्ती मध्याह्न-रेखा के लिए सही समय होता है। पास-पड़ोस की पेटियों में रेलवे के समय में एक घण्टा का अन्तर रहता है। इस प्रणाली में घड़ियाँ प्रत्येक पेटी की मध्यवर्ती मध्याह्न-रेखा पर के स्थानों के अतिरिक्त और कहीं सही स्थानीय समय नहीं बताती है। **चित्र ४५६** प्रामाणिक समय-कटिबन्धों (standard time-zones) को दिखाता है।

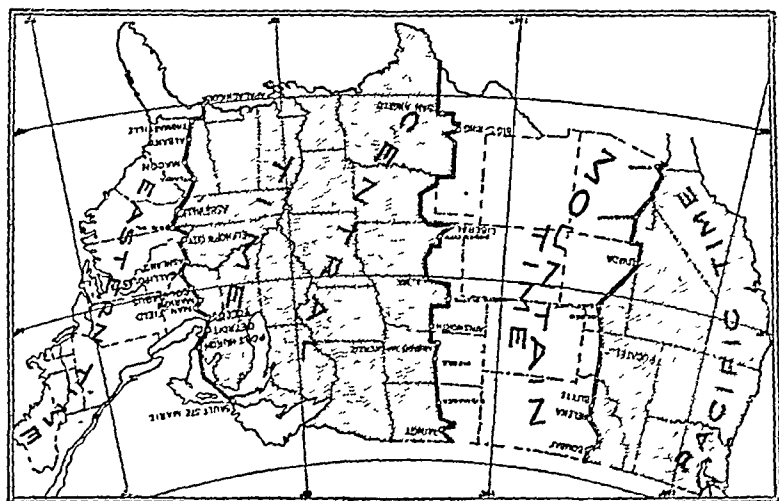



Fig 456

Map showing the standard-time zones now in use in the United States

अंशों की लम्बाइयाँ (Lengths of degrees) देशान्तर के एक अंश की लम्बाई, जैसी कि भूतल पर नापी जाती है, एक समानान्तर के $\frac{1}{360}$ भाग के बराबर होती है। चूँकि समानान्तर रेखाएँ ध्रुवों के समीप भूमध्यरेखा के समीप की अपेक्षा बहुत अधिक छोटी होती हैं, अत. देशान्तर के अंश की लम्बाई अक्षांश के साथ-साथ बदलती रहती है। ध्रुवों के ऊपर जहाँ कि समानान्तर की लम्बाई शून्य हो जाती है, एक देशान्तर के एक अंश की लम्बाई भी शून्य हो जाती है।

०°, १° अक्षांश में देशान्तर की लम्बाई = १११ ६३ किलोमीटर (६६ ६५ मील)
१०°, १° ,, ,, ,, ,, ,, = १०६ ६३ ,, (६८ १६ ,,)
३०°, १° ,, ,, ,, ,, ,, = ९६ ३४ ,, (५९ ९५ ,,)
६०°, १° ,, ,, ,, ,, ,, = ४५ ५१ ,, (३४ ६७ ,,)
७५°, १° ,, ,, ,, ,, ,, = २८ ९७ ,, (१७ ९६ ,,)

अक्षांश के अंश मध्याह्न-रेखाओं के साथ-साथ नापे जाते हैं। वे भी लम्बाई

में बदलते रहते हैं। अक्षांश के एक अंश की लम्बाई कई स्थानों पर नापी गयी है। भारत में यह लगभग १०९.७ किलोमीटर (६८¾ मील) है तथा स्वीडन में सबसे उत्तरी स्थान पर जहाँ यह लम्बाई नापी गयी है यह ११०.७५ किलोमीटर (६९.२५ मील) है। यह हिसाब लगाया गया है कि ध्रुवों पर यह लगभग ११२ किलोमीटर (६९⅗ मील) होगी। संयुक्त राज्य अमरीका में औसत लम्बाई लगभग १११ किलोमीटर (६९ मील) है। भूमध्यरेखा से विभिन्न दूरियों पर अक्षांश के अंशों की लम्बाइयाँ नीचे दिखायी गयी हैं

०°, १°	अक्षांश में अक्षांश की लम्बाई	=११०.६ किलोमीटर	(६८.७०४ मील)
३०°, १°	,, ,, ,,	=११०.८ ,,	(६८.८८१ ,,)
६०°, १°	,, ,, ,, ,, ,,	=१११.५ ,,	(६९.२३० ,,)
९०°, १°	,, ,, ,, ,, ,,	=१११.७ ,,	(६९.४०७ ,,)

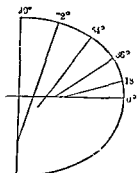
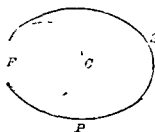



Fig 457 Fig 458

Figure to illustrate the fact that the longer degrees of latitude toward the poles means polar flattening The curve is the half of a spheroid more oblate than the earth The radiating lines are represented as 18° apart that is the distance from 0° to 18° is 18/360 of the circle of which this arc is a part Similarly the distance from 18° to 36° is 18/360 of the circumference of which this curve is an arc and so on The curve between 72° and 90 is much longer than the curve between 0° and 18°

The curve *S* represents a meridian section of the earth (the flattening being greatly exaggerated) The circle *C* coincides with *S* near the equator *E* and the larger circle *M* coincides with it near the pole A degree of arc on S near *P* is of about the same length as one on *M*, while one on *S* near *E* is of about the same length as one on *C* Since the circle *M* is larger than the circle *C*, a degree on *S* near *P* is longer than one near *E*

अक्षाश के अश (degrees of latitudes) ध्रुवो के समीप पहुँचने पर लम्बाई मे बढ जाते है क्योकि पृथ्वी ध्रुवो पर तनिक चपटी है। अंश की लम्बाई मे अन्तर का यही अर्थ है, इस बात को **चित्र ४५७** और **४५८** द्वारा दिखाया गया है। **चित्र ४५७** के अध्ययन मे इस बात का ध्यान रखना चाहिए कि अश (degree) किसी विन्दु के चारो ओर कोणीय दूरी (angular distance) का १/३६० भाग होता है और किसी परिधि पर नापे जाने पर जिस विन्दु से कोण नापा जाता है, उस बिन्दु पर बनायी गयी परिधि का यह १/३६० भाग होता है। चूँकि निम्न अक्षाशो की अपेक्षा उच्च अक्षाशो मे अश अधिक लम्बा होता है, अतः इसका अर्थ यह है कि वह चाप जिस पर कि यह नापा गया है, **एक अधिक बड़े वृत्त का चाप है**, अपेक्षा उस चाप के जिस पर निम्न अक्षांशो मे अश नापा गया है। किसी अधिक बडी परिधि का १/३६० भाग किसी अधिक छोटी परिधि के १/३६० भाग की अपेक्षा अधिक लम्बा होता है। जैसे, ०° और १८° के वीच परिधि के ऊपर की दूरी ७२° और ९०° के वीच परिधि के ऊपर की दूरी की अपेक्षा बहुत कम है (=१८°)। दूसरे शब्दो मे, उस परिधि का केन्द्र जिस पर किसी उच्च अक्षाश का अंश नापा जाता है, वही केन्द्र नही होता है जिस केन्द्र से किसी निम्न अक्षाश का अश नापा जाता है (**चित्र ४५७**)।

चित्र ४५८ उसी बात को दूसरे प्रकार से प्रकट करता है। ध्रुव-चिपिट-वक्र (oblate curve) S पृथ्वी के एक ध्रुवायाम-खण्ड (meridional section) का प्रतिनिधि है, जिसमे चपटापन (flatness) बहुत बढाकर दिखाया गया है। वृत्त C भूमध्यरेखा E पर S से मेल खा जाता है जबकि वृत्त M उसके साथ एक ध्रुव P पर मेल खाता है। P के समीप, वक्र S पर, चाप का एक अश लगभग उतना ही लम्बा होगा जितना कि M पर का एक अश, जवकि E के समीप S पर चाप का एक अश लगभग उतना लम्बा होगा जितना C पर का एक अश। M पर चाप का एक अश स्पष्टत C पर चाप के एक अश की अपेक्षा बहुत लम्बा होगा।

अक्षाश के एक अश की लम्बाई की वास्तविक नाप एक कठिन समस्या है, किन्तु जिस सिद्धान्त पर यह नापी जाती है वह सरलता से समझी जा सकती है। उत्तरी गोलार्द्ध मे किसी भी दिये हुए स्थान पर उत्तरी ध्रुव तारा क्षितिज से एक निश्चित अश ऊपर रहता है। किसी निश्चित स्थान से चलकर जब निरीक्षक सीधे उत्तर की ओर उस स्थान तक पहुँच जाता है जहाँ कि तारा तत्सवादी समय (corresponding hour) पर क्षितिज से ऊपर एक अश अधिक ऊँचा दिखाई पडता है, तो वह एक अश चल चुका होता है (**चित्र ४५९**)। प्रयोग मे नाप जटिल है क्योकि स्थल

Fig. 459

Diagram to illustrate the way in which a degree of latitude is measured. When the observer has travelled so far along the surface that the position of the pole-star has changed 1°, the distance between the two stations, *A* and *B*, is a degree.

का तल प्रत्येक स्थान पर कुछ न कुछ विषम (uneven) होता है और प्रत्येक विषमता के लिए छूट देनी होती है। विषम स्थल-तल (uneven land surface) पर नापी गयी कोई रेखा बहुत लम्बी होगी। इसके अतिरिक्त अंश का समुद्र-तल (sea level) पर भी नापना पड़ता है। चूँकि स्थल, समुद्र-तल से ऊपर होता है, अतः स्थल पर की नाप को शुद्ध करना आवश्यक है केवल तल की समस्त विषमताओं के लिए ही नहीं, वरन् समुद्र तल से ऊपर की ऊँचाई के लिए भी।

अक्ष का झुकाव और उसके प्रभाव (Inclination of axis and its effects)—सूर्य की किरणें पृथ्वी के आधे भाग को सदैव प्रकाशित करती रहती हैं। इस प्रकाशित आधे भाग की सीमा को ज्योतिवृत्त (circle of illumination) कहते हैं (चित्र ४६०)। ज्योतिवृत्त के भीतर सभी स्थानों पर दिन रहता है जबकि उसके बाहर के सभी स्थानों पर रात होती है। यदि वह अक्ष जिसके चारों ओर पृथ्वी परिभ्रमण करती है उस तल पर लम्बवत होता जिस पर पृथ्वी सूर्य के चारों ओर परिक्रमा करती है, तो ज्योतिवृत्त सदैव ध्रुवों से होकर गुजरता। इन परिस्थितियों में प्रत्येक समानान्तर रेखा (अक्षांश) का आधा भाग सदैव प्रकाशित रहता। जब प्रत्येक समानान्तर रेखा का आधा भाग निरन्तर प्रकाशित रहता है, उस समय प्रत्येक समानान्तर रेखा पर दिन और रात बराबर होते हैं, क्योंकि A (चित्र ४६०) पर स्थित स्थान से B तक जाने में ठीक उतना ही समय लगता है (६ घण्टे) जितना कि B से A' तक जाने में लगता है (६ घण्टे)। यदि पृथ्वी का अक्ष उसकी कक्ष (कक्षा) के तल (plane of its orbit) पर लम्बवत होता तो प्रत्येक स्थान पर दिन और रात सदैव बराबर होते। चूँकि पृथ्वी के अधिकतम भागों पर सभी ऋतुओं में दिन-रात बराबर नहीं होते हैं, अतः यह निष्कर्ष निकलता है कि जिस अक्ष पर पृथ्वी परिभ्रमण करती है वह उसकी कक्ष के तल पर लम्बवत नहीं है।

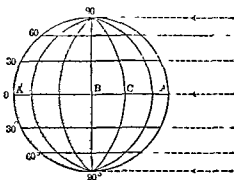



Fig 460
Diagram to illustrate the fact that half of the earth is illuminated by the sun at any one time The line between the illuminated half and the half which is not illuminated is *the circle of illumination*

यदि पृथ्वी किसी ऐसे अक्ष पर परिभ्रमण करती होती जो उसकी कक्ष के तल पर लम्बवत् होता तो किसी निश्चित स्थान पर सूर्य की किरणें दिन की एक ही घड़ी (समय) पर सदा एक ही कोण पर पड़तीं। उदाहरण के लिए A पर (चित्र ४६०) दोपहर को सूर्य की किरणें उर्ध्वाधर रूप में पड़ेंगी, जबकि उसी समय (A पर दोपहर को) C पर व उससे कम कोण पर पड़ेंगी, किन्तु A C और B पर सूर्य की किरणों के कोण क्रमशः सदैव दिन की उस घड़ी एकसे ही रहेंगे,

पृथ्वी अपने कक्ष के चाहे किसी भी भाग मे स्थित हो। सभी समानान्तर रेखाओ पर के स्थानो के लिए यही सम्वन्ध स्थिर रहेगा। वर्ष के सभी समयों पर उसी स्थान पर उसी समय पर सूर्य की किरणे उसी कोण पर नही पडती है। उदाहरणार्थ, मध्य उत्तरी अक्षाशो मे शीत ऋतु की अपेक्षा ग्रीष्म ऋतु में दोपहर को सूर्य क्षितिज से अत्यधिक ऊपर रहता है। जिस कोण पर सूर्य की किरणे किसी एक निश्चित स्थान पर दिन की किसी एक निश्चित घडी (समय) पर पृथ्वी पर पडती है, उसमे होने वाला यह अन्तर तथा साथ ही वर्ष के अधिकतम समयो पर अधिकाश स्थानों पर दिन और रात की लम्बाई उस अक्ष के झुकाव के परिणामस्वरूप होती है जिस पर पृथ्वी परिभ्रमण करती हुई सूर्य के चारो ओर परिक्रमण करती है। अक्ष की स्थिति वर्ष भर अनिवार्य रूप मे स्थिर रहती है और यद्यपि समय की लम्बी अवधि मे इसके परिवर्तन विशेष ध्यान देने योग्य है, तथापि छोटी अवधि का विचार करते समय उनको नगण्य माना जा सकता है।

अक्ष के झुकाव का प्रभाव **चित्र ४६१** द्वारा दिखाया गया है, जो पृथ्वी को उसके कक्ष मे चार स्थितियो मे दिखाता है। मार्च २१ की अकित स्थिति मे

Fig. 461
Diagram showing the position of the earth and of its illumination at the solstices and equinoxes.

प्रत्येक समानान्तर रेखा का आधा भाग प्रकाशित है। अत· इस समय मे सभी स्थानो मे दिन और रात वरावर हैं। २१ जून की अकित स्थिति मे उत्तरी गोलार्द्ध की समस्त समानान्तर रेखाओ के आधे से अधिक भाग प्रकाशित है और वहाँ पर दिन १२ घण्टो से अधिक लम्बे है एव राते उसी के अनुसार कम लम्बी है। दक्षिणी गोलार्द्ध मे दिन की अपेक्षा राते अधिक लम्बी है। तीसरी स्थिति मे, सितम्बर २२ को पुन सभी स्थानो पर दिन और रात वरावर है, क्योकि ज्योतिर्वृत्त प्रत्येक समानान्तर रेखा को दो वरावर भागो मे वाँटता है। चौथी स्थिति में, २२ दिसम्बर

को दक्षिणी गोलार्द्ध में प्रत्येक समानान्तर का आधे से अधिक भाग ज्यातिवृत्त के भीतर है और वहा पर रात की अपेक्षा दिन अधिक लम्बे हैं, जबकि उत्तरी गोलार्द्ध में दिन की अपेक्षा रातें अधिक लम्बी है। अतः वर्ष में दो बार, २१ मार्च और २२ सितम्बर को, सभी स्थानों पर दिन और रात बराबर रहते है। इन अवसरों को विषुव (Equinox) कहते है। मार्च का विषुव बसन्त सम्पात (vernal equinox) और सितम्बर का विषुव शरद विषुव (autumnal equinox) कहलाता है।

जब पृथ्वी सूर्य के साथ उस सम्बन्ध में होती है जैसा कि चित्र ४६१ में २१ जून की अंकित स्थिति में दिखाया गया है तो उत्तरी गोलार्द्ध में किसी अन्य समय की अपेक्षा सभी स्थानों पर दिन अधिक लम्बे होते हैं और सूर्य की किरणें किसी अन्य समय की अपेक्षा अधिक उत्तर तक (अक्षांश २३° २७½′ में) तल पर लम्बवत् पड़ती हैं। इसको कर्क-संक्रांति (summer solstice) कहते है। मकर संक्रांति (winter solstice) छ महीने बाद आती है, जबकि सूर्य की किरणें भूमध्यरेखा के दक्षिण में लगभग २३½° पर पृथ्वी के ऊपर ऊर्ध्वाधर रूप में पड़ती है। उस समय दक्षिणी गोलार्द्ध के दिन वर्ष के किसी अन्य समय की अपेक्षा अधिक लम्बे और उत्तरी गोलार्द्ध के दिन अपेक्षाकृत छोटे होते है। विभिन्न अक्षांशों में प्रकाश का वितरण और दिन और रात की सापेक्ष लम्बाइयाँ संक्रान्ति की तिथियों के लिए चित्र ४६२ और ४६३ द्वारा अतिरिक्त रूप में स्पष्ट की गयी हैं।

Fig 462

Diagram to illustrate the effect of inclination of the earth s axis on the length of day and night In the figure more than half of every parallel of the northern hemisphere is illuminated The days are there fore more than twelve hours long and the nights less, since the half of each parallel is the measure of 180° of longitude and 180° of longitude corresponds to twelve hours of time Similarly less than half of every parallel of the southern hemi sphere is illuminated, and the nights are therefore more than twelve hours long

ये चित्र यह भी दिखाते हैं कि भूमध्यरेखा पर दिन और रात सदैव बराबर रहते हैं, क्योंकि भूमध्यरेखा ज्यातिर्वृत्त द्वारा सदैव दो बराबर भागों में बाँटी जाती है। भूमध्यरेखा के अतिरिक्त, केवल ध्रुवों को छोड़कर, जहाँ वर्ष में छ महीने का एक दिन और छ महीने की एक रात होती है अन्य किसी अक्षांश पर दिन और रात सदैव बराबर नहीं होते हैं।

सूर्य की दिखाई देने वाली स्पष्ट गति (Apparent motion of the sun)—पृथ्वी के अक्ष के झुकाव का प्रभाव यह होता है कि सूर्य के चारों ओर पृथ्वी के प्रत्येक परिक्रमण में एक बार सूर्य उत्तर और दक्षिण को चलता हुआ ज्ञात होता है। पृथ्वी पर पड़ने वाला प्रभाव चित्र ४६४ द्वारा दिखाया गया है। अर्थात्, सूर्य के चारों ओर पृथ्वी का परिक्रमण, जब पृथ्वी एक ऐसे अक्ष पर परिक्रमण कर रही है जो उसके कक्ष के तल की ओर झुका हुआ है, सूर्य को उस स्थान से चलता हुआ दिखाता है जहाँ उसकी किरणें भूमध्यरेखा से २३½° (लगभग) उत्तर ऊर्ध्वाधर हैं (दिशा S, चित्र ४६४), और वह उस स्थान को जाता हुआ दिखाता है जहाँ ये किरणें भूमध्यरेखा के दक्षिण २३½° (लगभग) पर ऊर्ध्वाधर हैं (दिशा W), और एक वर्ष में पुनः वापस आता हुआ दिखाता है।[1] जहाँ तक पृथ्वी का सम्बन्ध है, परिणाम यह होता है कि मानो सूर्य S से चला हो, जो कर्क-संक्रान्ति के समय से मेल खाता है, और A तक आता हो, जो शरद-विषुव (autumnal equinox) के समय के साथ मेल खाता है, फिर W तक आता हो, जो मकर-संक्रान्ति (winter solstice) के समय के साथ मेल खाता है, फिर लौटकर तब Sp पर आता हो, जो वसन्त-विषुव (autumn equinox) के समय के साथ मेल खाता है, और फिर S पर लौट आता हो, जबकि पृथ्वी सूर्य के चारों ओर एक चक्कर (circuit) पूरा कर रही होती है।

Fig. 463
The relation of the earth to the sun's rays at a time six months later than *that represented in Fig. 462.* The conditions of day and night in the hemispheres are reversed.

जब सूर्य की किरणें Sp के उत्तर के अक्षांशों में ऊर्ध्वाधर होती हैं तो उत्तरी गोलार्द्ध में रातों की अपेक्षा दिन अधिक लम्बे होते हैं और दक्षिणी गोलार्द्ध की अपेक्षा उत्तरी गोलार्द्ध में सूर्य की किरणें भूतल पर कम तिरछी पड़ती हैं। जब सूर्य की किरणें Sp पर ऊर्ध्वाधर होती हैं तो प्रत्येक स्थान पर दिन-रात बराबर होते हैं और जब वे Sp के दक्षिण में ऊर्ध्वाधर होती हैं तो दक्षिणी गोलार्द्ध में रातों की अपेक्षा दिन लम्बे होते हैं और उत्तरी गोलार्द्ध की अपेक्षा वहाँ पर सूर्य की किरणें अधिक निकटता से ऊर्ध्वाधर होती हैं।

---

[1] पृथ्वी के अक्ष का झुकाव पूर्णतः स्थिर नहीं है। १९०८ ई० में इसका झुकाव २३°२७′४.५″ था। तीन हजार वर्ष पूर्व इसका झुकाव प्रायः २३° था। अधिकतम स्थायी अन्तर २°३७′ है।

सबसे अधिक उत्तर की अक्षाश रेखा जहा पर सूय की किरणे कभी ऊर्ध्वाधर रहती हैं, कर्क-रेखा (tropic of Cancer) कहलाती है। उसी के समान वाली दक्षिण की अक्षाश रेखा को मकर-रेखा (tropic of Capricorn) कहते है। कर्क एव मकर रेखाएँ भूमध्यरेखा से लगभग २३½° पर है क्योकि पृथ्वी की धुरी (अक्ष) पृथ्वी के कक्ष के तल की ओर इतनी ही झुकी हुई है। सूय कर्क सक्रान्ति (summer solstice) के समय पर कर्क-रेखा पर और मकर सक्रान्ति (winter solstice) के अवसर पर मकर-रेखा पर ऊर्ध्वाधर रहता है। सक्रान्तियो के अवसरो पर जिन अक्षाश रेखाओ का ज्योतिवृत्त द्वारा केवल स्पशमात्र ही होता है उनको ध्रुवीय वृत्त (Polar circles—अयनवृत्त) कहते है। वे ध्रुवो से उतनी ही दूरी पर हैं जितनी दूरी पर भूमध्यरेखा से कर्क और मकर रेखाएँ है। अत वे लगभग ६६½° अक्षाश (६६°३३′) मे है। उत्तरी गोलार्द्ध के इस वृत्त का उत्तरी ध्रुव (अयन)-वृत्त (Arctic circle) और दक्षिणी गोलार्द्ध के इस वृत्त को दक्षिणी ध्रुव (अयन) वृत्त (Antarctic circle) कहते है।

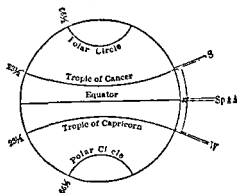



Fig 464

The inclination of the earth s axis as it revolves about the sun, makes the sun appear to travel north and south The sun is vertical at the equator on the 21st of March (Sp) then appears to move northward until it is vertical 23½ north of the equator (S) then appears to move southward until it is vertical again at the equator (A) then south until it is vertical 23½° south of the equator (W) and then north again until it is vertical at the equator These changes are accomplished in the course of one year as a result of the revolution

दिन और रातो की लम्बाई के ऊपर पृथ्वी की धुरी के झुकाव के प्रभाव का महत्त्व इस बात से भलीभाति समझा जा सकता है कि यदि हम अपने स्वय के प्रदेश में विद्यमान वतमान दिन और रात की लम्बाइयो की तुलना उन लम्बाइयो से करे जो उस समय होती जबकि पृथ्वी की धुरी २३½° के स्थान पर इसके कक्ष के तल की ओर ४५° झुकी हुई होती। उन परिस्थितियो का अध्ययन भी शिक्षाप्रद है जो दिन और रात के सम्बन्ध में उस समय होती—(१) यदि पृथ्वी सूय के चारो ओर परिक्रमण (revolution) करते समय परिभ्रमण (rotation) न करती होती, और (२) यदि वह अपने परिक्रमण काल में केवल एक बार ही परिभ्रमण करती होती। दूसरी दशा मे परिणाम परिभ्रमण की दिशा पर निभर करते।

अक्षाश और सूय की ऊँचाई (Latitude and sun altitude)—पृथ्वी की गतियो के कारण उत्पन्न सूय और पृथ्वी के सम्बन्धो में होने वाले परिवतनो की स्पष्ट

(१) किसी विपुव ((equinox—सम्पात) के अवसर पर दोपहर को सूर्य की ऊँचाई निचले अक्षांशों में क्या होगी

५०° उत्तरी अक्षांश, ५०° दक्षिणी अक्षांश, ७५° अक्षांश ?

(२) कर्क-संक्रान्ति (summer solstice) के अवसर पर दोपहर को सूर्य की ऊँचाई निम्न अक्षांशों में क्या होगी

३०° उ० अ०, ३०° द० अ०, क्यूयार्क के अक्षांश, वैंकुवर के अक्षांश, ७८° उ० अ०, ६६½° द० अ०, उत्तरी ध्रुव पर ?

(३) निम्न अवसरों पर सूर्य की ऊँचाई ज्ञात करने के लिए एक नियम बनाओ

(अ) किसी विपुव (equinox) के अवसर पर,

(ब) किसी संक्रान्ति (solstice) के अवसर पर जबकि स्थान का अक्षांश *दिया हुआ है।*

(४) किसी विपुव के अवसर पर दोपहर को क्षितिज से ३०° ऊपर सूर्य किस अक्षांश अथवा किन अक्षांशों पर रहता है ?

(५) किसी विपुव के अवसर पर दोपहर को क्षितिज से ७५° ऊपर सूर्य किस अथवा किन अक्षांशों में रहता है ?

(६) कर्क-संक्रान्ति के अवसर पर दोपहर को क्षितिज से ४०° ऊपर सूर्य किस अक्षांश अथवा किन अक्षांशों में रहता है ?

(७) मकर-संक्रान्ति के अवसर पर दोपहर को क्षितिज से ८०° ऊपर सूर्य किस अक्षांश अथवा किन अक्षांशों में रहता है ?

(८) उस स्थान अथवा उन स्थानों का अक्षांश क्या है जहाँ पर कर्क-संक्रान्ति के अवसर पर दोपहर को सूर्य क्षितिज से १०° ऊपर होता है ?

(९) सूर्य की दोपहर की ऊँचाई से किसी स्थान का अक्षांश ज्ञात करने के लिए एक नियम बनाओ।

(१०) कर्क-संक्रान्ति के अवसर पर ७५° उत्तरी अक्षांश में किसी निरीक्षक को किस दिशा में किस ऊँचाई पर सूर्य दिखाई देगा

(अ) आधी रात को, और (ब) दोपहर को ?

(११) भूमध्यरेखा पर किसी निरीक्षक को २१ जून को सूर्य किस दिशा में उगता हुआ दिखाई देगा ? उस दिन भूमध्यरेखा पर सूर्य की दोपहर की ऊँचाई क्या होगी ?

(१२) २१ जून और २१ दिसम्बर को शिकागो में सूर्य की दोपहर की ऊँचाई क्या होगी ?

(१३) २१ जून को और किसी विपुव के अवसर पर दोपहर को किस अक्षांश पर सूर्य की ऊँचाई समान रहती है ?

(१४) यदि पृथ्वी का अक्ष ४५° झुका होता तो कर्क-संक्रान्ति के अवसर पर दिन और रातों की लम्बाई पर क्या प्रभाव पड़ता ?

(१५) यदि पृथ्वी अपने अक्ष पर परिभ्रमण न करती होती तो हमारे अक्षांश में दिन और रात की दशाएँ क्या होती ?

(१६) यदि पृथ्वी अपने अक्ष पर उतने समय मे परिभ्रमण (rotation) करती जितने समय में वह सूर्य के चारों ओर परिक्रमण (revolution) करती है तो दिन और रात पर क्या प्रभाव पडता ?

सौर-परिवार
(The Solar System)

सौर-परिवार मे सूर्य एव वे समस्त पिण्ड (bodies) सम्मिलित है जो सूर्य का परिक्रमण (revolution) करते है। इसमें आठ ग्रह (planets) है जिनमे से पृथ्वी भी एक ग्रह है। सूर्य से दूरी के क्रम मे, सबसे निकट वाले ग्रह से आरम्भ करने पर उनके नाम इस प्रकार है (१) बुध (Mercury), शुक्र (Venus), पृथ्वी (Earth), मगल (Mars), वृहस्पति (Jupiter), शनि (Saturn), यूरेनस (Uranus), तथा नेप्च्यून (Neptune)। पृथ्वी के उपग्रह (satellite) चन्द्रमा के समान ही अधिकाश ग्रहो के उपग्रह भी है। अगले पृष्ठ की तालिका से ग्रहो के विषय मे कुछ अधिक महत्त्वपूर्ण तथ्यो की जानकारी होती है।

ग्रहो एव उनके उपग्रहो के अतिरिक्त सौर-परिवार मे अनेक (६०० से अधिक) ग्रहिकाएँ (astroids) भी है, जो ग्रहो की अपेक्षा बहुत छोटे पिण्ड है तथा जिनकी स्थिति मगल और वृहस्पति के मध्य मे है, और पुच्छल तारे (comets) भी हे जो सूर्य के चारो ओर परिक्रमा करते है। इन पिण्डो का पृथ्वी पर कोई प्रभाव नही पडता है ओर यहाँ पर उनके विपय मे अब और कुछ कहना आवश्यक नही है।

	Diameters in Kilometers व्यास कि० मी० म	Volume Earth=1	Mass Sun=1	Density Water=1	Mean Distance from Sun in Million K M	Sidereal Period in Years	Inclination of Orbit to Ecliptic	Number of Satellits
बुध (Mercury)	४४२४	० ०५	१/९६,४७,०००	३ ७०	५७ ६	० २४	७°०'	०
शुक्र (Venus)	१२५२०	० ८९	१/४,०५,०००	४ ८९	१०७ २	० ६२	३ २४	०
पृथ्वी (Earth)	{ १२६८१* १२४८०†	१ ००	१/३,३२,०००	५ ५३	१४८ ८	१ ००	० ०	१
मगल (Mars)	{ ६९६३* ६९००†	० १४	१/३०,२०,०००	३ ९५	२२७ २	१ ८८	१ ५१	२
बृहस्पति (Jupiter)	{ १३५२०४* १२६३०४†	१२६४ ००	१/१,०४७	१ ३३	७७२ ८	११ ८६	१ १९	९
शनि (Saturn)	{ १२२३४२* १११६४८†	७५९ ००	१/३,५०२	० ७२	१६१६ ५	२९ ४६	२ ३०	१०
यूरेनस (Uranus)	५५८४०	६३ ४०	१/२२,७६०	१ २२	२८५१ २	८४ ०२	० ४६	४
नैप्च्यून (Neptune)	५२६४०	८२ ३०	१/१९,५००	१ ११	४४६७ २	१६४ ७८	१ ४७	१

* भूमध्यरेखीय (Equatorial) † ध्रुवीय (Polar)

भाग ३

वायुमण्डल

THE ATMOSPHERE

१२

वायुमण्डल विषयक सामान्य धारणा

(GENERAL CONCEPTION OF THE ATMOSPHERE)

वायु के तत्त्व (Substantiality)—जिस समय वायुमण्डल शान्त रहता है, हमें वायु की उपस्थिति का ज्ञान कठिनाई से ही होता है। हम इसके मध्य से किसी रुकावट का अनुभव किये बिना ही चलते रहते हैं। केवल स्थल ही नही बल्कि जल के साथ भी तुलना करने पर वायुमण्डल नितान्त निस्सार ज्ञात होता है। किन्तु, जब वायु (air) चलती होती है या पवन (wind) मे गति होती है तो हमे विदित होता है कि वह अति वास्तविक और सारयुक्त है, क्योंकि पवन की शक्ति इतनी अधिक हो सकती है कि उसमें खड़ा रहना या उसकी दिशा में चलना कठिन होता है। पवन द्वारा, कभी-कभी, वृक्ष एवं मकान नीचे गिरा दिये जाते है और धूल (dust) तथा रेत (sand) की मात्राएँ (quantities) उड़ाकर पर्याप्त ऊँचाइयों तक पहुँचा दी जाती है। इन परिचित दृश्यो से यह ज्ञात होता है कि वायु एक वास्तविक वस्तु है तथा जब वह शीघ्रता से चलती है तो दृढ पदार्थ भी उसके सम्मुख झुक जाते है।

प्रबल पवन प्रत्येक क्षण समान रूप से प्रबल नही होती है, वह झोको (gusts) मे आती है। जब पवन का कोई प्रबल झोका एक ऊँचे मकान से टकराता है तो उसकी दीवारो से वायु उसी प्रकार एकदम पीछे लौटती है जैसे कि किसी दीवार मे मारी गयी गेंद लौटती है। यदि पवन के किसी प्रबल झोंके के पश्चात दूसरे ही क्षण कोई निर्बल पवन अथवा एक शान्त क्षण आ जाता है तो दीवार मे लौटी हुई वायु मे, मुख्य पवन की विपरीत दिशा मे, एक ऊँची शक्ति हो सकती है। ये वापस लौटने वाली पवनें कभी-कभी मनुष्यो को नीचे गिरा देती है क्योकि वे उस दिशा मे बहती है जिसके विरुद्ध दबाव सहने की स्थिति मे शरीर सधा होता है। ऐसी घटनाएँ विश्वास दिलाती है कि वायु एक सारयुक्त वस्तु है।

इसी निष्कर्ष पर अन्य प्रकार से भी पहुँचा जा सकता है। किसी रम्भ (cylinder—बेलनाकार वस्तु) मे, जिसका शीर्ष रबर के एक पतले टुकडे से ढका हुआ हो, यदि वायु को बाहर निकाल लिया जाय तो रबर का ढक्कन रम्भ मे नीचे की ओर दब जाता है और वह टूट भी सकता है। जो शक्ति उसको नीचे की ओर को दबाती है वह उसके ऊपर की वायु का भार (weight) है। यदि रम्भ, किसी काँच जैसी निर्बल वस्तु का बना हुआ है तो बाहर की हवा का दबाव भीतर की हवा के

इतिहास (History)—यह सम्भव है कि अपने इतिहास की अवधि म वायु मण्डल, मात्रा और आयतन मे, परिवर्तन हुआ है। पहले यह माना जाता था कि वायुमण्डल क्रमश कम होता जा रहा है और वह कालान्तर मे लुप्त भी हो जाएगा, जैसा कि चन्द्रमा के वायुमण्डल का विलुप्त होना मान लिया गया था। किन्तु यह धारणा किसी मजबूत आधार पर स्थित नही जान पडती है। यह अधिक सम्भव है कि चन्द्रमा का कोई वायुमण्डल कभी था ही नही, अपक्षा इसके कि वह था और विलुप्त हो गया है। वायुमण्डल को अब ज्वालामुखी एव अन्य उदगारो से विभिन्न गैसें प्राप्त हो रही है और सम्भवत सदैव होती भी रही है। वायुमण्डल सम्भवत अन्तरिक्ष (space) म भी गैसे प्राप्त कर रहा है। यद्यपि इस स्रोत से मिलने वाला भाग अब न के तुल्य है परन्तु सम्भव है कि सदैव ही ऐसा न रहा हो। वायुमण्डल कुछ खो रहा है और कुछ प्राप्त भी कर रहा है। कुछ गैसें, विशेषत हल्की गैसें, जैसे हाइड्रोजन, सम्भवत पृथ्वी की आकर्षण शक्ति स बाहर निकल जाती हैं और अन्तरिक्ष मे चली जाती है। वायु के अन्य अश, जैसे ऑक्सीजन एव कार्बन डाइ ऑक्साइड, वायु से बाहर खीच लिये जाते है और वे यदि स्थायी रूप से नही तो कम से कम एक लम्बी अवधि के लिए चट्टानो म ता बन्द हो ही जाते है। पूर्ति (supply) एव ह्रास (loss) दोनों की मात्रा (quantity) घटती बढती रहती है। जब हानि (कमी) पूर्ति स अधिक हो जाती है तो वायुमण्डल की मात्रा कम हो जानी चाहिए, और जब पूर्ति (supply) हानि स अधिक हो तो वायुमण्डल की मात्रा बढ जानी चाहिए। यह विश्वास किया जाता है कि वायुमण्डल की मात्रा का कम से कम किचित घटाव एव बढाव बारम्बार अवश्य हुआ होगा। आयतन और मात्रा के घटाव एव बढाव की अपक्षा रचना के घटाव बढाव भी अधिक महत्त्वपूर्ण रहे होग।

१३

वायुमण्डल का संघटन
(CONSTITUTION OF THE ATMOSPHERE)

प्रमुख अवयव (Principal constituents—**मुख्य-मुख्य अंग**)—वायुमण्डल की रचना (संघटन) स्पप्ट रूप से अपरिवर्तनीय (constant—स्थायी) है। यह प्रधानत दो गैसो से बना है—(१) नाइट्रोजन जो शुष्क वायु का ७८% है, और (२) ऑक्सीजन जो लगभग २१% है। इस विपय के कुछ विद्यार्थी यह सोचते है कि अधिक ऊँचाई पर की संरचना नीचे की सरचना से वहुत भिन्न हो सकती है, किन्तु कम से कम १६ कि० मी० की ऊँचाई तक कोई अन्तर ज्ञात नही होता है।[1]

वायुमण्डल के छोटे अंग (Minor constituents)—वायु के उपर्युक्त दो प्रधान अंगो, जिनके अनुपात मे अधिक अन्तर नही होता है, के अतिरिक्त उसके अनेक छोटे अंग भी है जिसमे **मन्दाति नाम की अक्रियाशील गैस** (argon) सर्वाधिक मात्रा मे होती है। वायु के अन्य छोटे किन्तु अत्यन्त महत्त्वपूर्ण अंग प्रागारद्विजारेय (carbondioxide) एव **जलवाष्प** (water vapor) है। भार के हिसाब से सम्पूर्ण वायुमण्डल का लगभग ३/१०,००० भाग कार्बन-डाइ-ऑक्साइड का वना है और इसकी मात्रा दिन-प्रतिदिन एव वर्प-प्रति वर्प लगभग समान रहती है। जलवाप्प, जल के इतने लघु कणो के रूप मे होती है कि वे कण दिखाई नही देते है। वायु-मण्डल मे किसी समय इसकी कुल मात्रा सापेक्षत. सकीर्ण मात्रा मे वदलती रहती है, किन्तु एक ही समय पर स्थान-स्थान पर इसकी मात्रा पर्याप्त रूप में वदलती रहती है और समय-समय पर एक ही स्थान मे अत्यधिक वदलती रहती है। चूँकि जलवाप्प की मात्रा ममय-समय और स्थान पर वदलती रहती है और चूँकि जलवाष्प का अधिक भाग प्राय. वर्पा और हिम के रूप मे वायुमण्डल के वाहर आता रहता है, अत जलवाष्प को वायु का अग मानने के स्थान मे उसे वायु मे स्थित कोई वस्तु माना जाता है। एक निश्चित समय पर वायु मे जलवाष्प की कुल मात्रा (amount) वायुमण्डल की मात्रा के १% का केवल एक अश होती है। वायुमण्डल के निचले

---

[1] हम्फ्रे (Humphreys) ने हिसाब लगाया है कि ८० किलोमीटर की ऊँचाई पर वायु का $\frac{3}{4}$ भाग हाइड्रोजन है, यद्यपि वायु के नितल पर कार्बन-डाइ-ऑक्साइड जितनी है उसके $\frac{1}{3}$ से अधिक उस ऊँचाई पर हाइड्रोजन नही है। इसी हिसाव के अनुसार १६० कि० मी० की ऊँचाई पर हाइड्रोजन के अतिरिक्त और कुछ नही है।

भाग की जलवाष्प की मात्रा के आधार पर ऊपरी भाग की जलवाष्प की गणना नही की जा सकती है। वायुमण्डल के नितल म जलवाष्प (water vapor) आद्र उष्ण प्रदेशो (moist tropical regions) मे वायु का ४% भाग तक हो सकती है।

अशुद्धियाँ (Impurities)—वायु से सदैव कुछ अन्य गैसें रहती है जो साधारणत अशुद्ध मानी जाती हैं, यद्यपि वे जीवन और सामान्य प्राकृतिक प्रणालियो के लिए अनिवार्यत हानिकारक नही हैं। गैसे जीव पदार्थों (organic matter) के जलने एव अपक्षय (decay—सडने-गलने) से, निर्माण कार्यों की विभिन्न रासायनिक क्रियाओ म, ज्वालामुखियो एव अन्य प्रकार की दरारो म, तथा अन्य कारणो मे उत्पन्न होती है। गैसो की सम्पूर्ण मात्रा अति अल्प होती है किन्तु स्थानीय रूप मे, जैसे किसी दरार के समीप, वे इतनी अधिक मात्रा मे होती हैं कि वे जीवन के लिए हानिकारक हो सकती है। उदाहरण के लिए, यलोस्टोन पार्क की मृत्यु की घाटी (Death Valley in Yellowstone Park) के कई भागो मे भटक जाने वाले जानवर बेहोश हो जाते है और मर जाते हैं।

वायु मे हमेशा असख्य ठोस कण भी रहते है जो सामूहिक रूप मे धूल (dust) कहलाते है। यद्यपि वायु म धूल महत्त्वपूर्ण कार्य करती है तथापि इसको वायु का अग न मानकर वायु मे स्थित अशुद्धि मानना ही उचित है।

विभिन्न अवयवो (अगो) का पारस्परिक सम्बन्ध (Relations of constituents to one another)—वायु के विभिन्न गैसीय (gaseous) अग एक-दूसरे मे मिले हुए है और उनमे से प्रत्येक अपनी विशेषताएँ रखता है। ऑक्सीजन अनिवार्य रूप म अपना कार्य इस भाति करती है कि मानो नाइट्रोजन उपस्थित है ही नही, और नाइट्रोजन भी ऐसा ही व्यवहार करती है कि मानो ऑक्सीजन उपस्थित नही है। यह विभिन्न प्रकार से दिखाया जा सकता है कि वायु के अनेक अग केवल मिले हुए (mixed) तो हैं, किन्तु रासायनिक रूप मे वे सयुक्त नही है। उनम से एक विधि इस प्रकार है जब वायु को तरल बना दिया जाता है और उसे स्थिर होने दिया जाता है तो उसके अग स्वतन्त्र रूप से उडने लगते हैं। नाइट्रोजन और कार्बन डाइ ऑक्साइड ऑक्सीजन की अपेक्षा अधिक शीघ्रता से उड जाती है, अत जब तरल वायु स्थिर होती है तो ऑक्सीजन का अनुपात बढ जाता है।

वायुमण्डल के तत्वो के कार्य

(The Functions of the Atmospheric Elements)

पृथ्वी की सुव्यवस्था (economy) म वायु के विभिन्न अग विभिन्न कार्य सम्पादित करते हैं।

नाइट्रोजन (Nitrogen—भूयाति)—एक अक्रियाशील गैस होती है। यद्यपि सास लेने म ऑक्सीजन के साथ यह भीतर जाती है, परन्तु पशुओ को यह कोई प्रत्यक्ष लाभ पहुँचाती हुई ज्ञात नही होती है। जानवरो और पौधो दोनो को नाइट्रोजन की आवश्यकता होती है, यद्यपि उनमे से कोई भी वायु की नाइट्रोजन का प्रत्यक्ष प्रयोग नही करते है। इससे पहले कि अधिकाश पौधे नाइट्रोजन को काम मे ला सकें यह

आवश्यक है कि नाइट्रोजन को किसी अन्य वस्तु से मिलकर नाइट्रोजन-सयोग (Nitrogen compound) वन जाना चाहिए। ऐसे संयोगो (compounds) से जानवर और पौधे अपने लिए आवश्यक नाइट्रोजन ले लेते है।

ऑक्सीजन (Oxygen—**जारक**)—प्राणी वायु से ऑक्सीजन लेते है और इस प्रकार से वह निरन्तर व्यय होती रहती है। वायु मे साँस लेने वाले जानवर इसे वायु से सीधे-सीधे ही ग्रहण करते है, और पानी मे साँस लेने वाले जानवर इसे जल से ग्रहण करते है क्योकि जल में ऑक्सीजन घुली रहती है। वनस्पति द्वारा, विशेषत. हरी वनस्पति द्वारा, भी ऑक्सीजन व्यय होती रहती है। जहाँ कही कोई वस्तु जलती है वहाँ भी ऑक्सीजन व्यय होती है, क्योकि दहन (combustion) मुख्य रूप से अन्य पदार्थो के साथ ऑक्सीजन का संयोग होता है जिनमे कार्वन मुख्य होता है। जब ऑक्सीजन किसी के साथ मिल जाती है तो वह अपनी विशेष विशेषताओ को खो देती है। जीव-पदार्थ (organic matter) जब सडता है तो ऑक्सीजन व्यय होती है क्योकि ऐसे पदार्थ का सडना भी एक प्रकार की मन्द-मन्द जलने की ही क्रिया होती है। वायुमण्डल की ऑक्सीजन का जानवरो एवं समस्त जलने की क्रियाओ मे निरन्तर और तेजी से प्रयोग मे आते रहने पर भी इसकी मात्रा कम होती हुई ज्ञात नही होती है। अत हमे यह निष्कर्ष निकालना चाहिए कि वायु मे ऑक्सीजन की पूर्ति प्राय उतनी ही शीघ्रता से होती रहती है जितनी शीघ्रता से उसका व्यय होता है। पूर्ति के स्रोत भी अनेक है। पौधे कार्वन-डाइ-ऑक्साइड (CO_2) को इसके (CO_2) के तत्त्वो, कार्वन (C) एव ऑक्सीजन (O), मे तोड देते है और इस भाँति कुछ ऑक्सीजन स्वतन्त्र हो जाती है। स्वतन्त्र ऑक्सीजन की पूर्ति का सम्भवतः यह सबसे वडा स्रोत है। इस प्रकार से वायु द्वारा प्राप्त ऑक्सीजन वायु के लिए नयी नही है (अथवा नयी नही हो सकती है)। ऑक्सीजन का कम से कम, अधिकाश भाग अल्पकालिक प्रत्याहरण (temporarily withdrawn) के पश्चात वायु मे वापस चला जाता है। ज्वालामुखीय निर्गमो से कतिपय प्रकार की शिलाओ में होने वाले परिवर्तनो (विजारण—deoxidation) द्वारा, और सम्भवत अन्य स्रोतो द्वारा भी ऑक्सीजन वायुमण्डल मे पहुँचती है।

वायुमण्डल की प्रागार द्विजारेय (कार्वन-डाइ-ऑक्साइड—CO_2), जहाँ तक मात्रा का प्रश्न है, वायु का एक अत्यन्त छोटा भाग होते हुए भी अति महत्त्वपूर्ण अग है। हम पहले ही देख चुके है कि कोयला, लकडी, पीट, गैस आदि के जलने से और समस्त जीव-पदार्थो के सडने से यह निरन्तर उत्पन्न होती रहती है। समस्त जानवरों की साँस द्वारा भी यह वायु मे मिलती रहती है और प्रायः ज्वालामुखियो द्वारा बडी मात्रा मे वायु मे उँडेल दी जाती है। यह सम्भव है कि कुछ उल्काओ (shooting stars) मे भी कार्वन रहता हो, क्योकि उन टूटते हुए सितारो के ही समान कुछ पिण्ड (meteorites—टूटते हुए सितारे) जो इतने वडे होते है कि वे वायुमण्डल मे पूर्णतया धूल नही वन पाते है और वे चट्टान अथवा धातु के रूप में पृथ्वी तक पहुँचते है, कार्वन धारण करते है। उल्काओ मे जितना भी कार्वन होता है वह वायु की

ऊपरी सतह में जलकर कार्बन बन जाता है। कार्बन के इन स्रोतों के अतिरिक्त उसके अन्य स्रोतों का होना भी सम्भव है।

इन विभिन्न स्रोतों (sources) से वायुमण्डल को कार्बन डाइ ऑक्साइड की पूर्ति अति शीघ्रता से होती है। उदाहरण के लिए, सामान्य पत्थर का कोयला (bituminous coal—जतुक्य अंगार) का ७५% लगभग कार्बन होता है। जलाने पर इस प्रकार का एक टन कोयला लगभग २¾ टन कार्बन डाइ आक्साइड बनायेगा जो सब की सब वायुमण्डल में चली जाती है। एक टन कड़ा कोयला (hard coal) जिसमें कार्बन का अनुपात और भी अधिक होता है, और भी अधिक कार्बन डाइ-ऑक्साइड उत्पन्न करेगा। यदि हम प्रतिदिन जलने वाले कोयले की मात्रा का ज्ञान टनों में होता तो हम CO_2 की उस मात्रा का हिसाब लगा सकते हैं जो कोयले के जलने के परिणामस्वरूप प्रतिदिन वायुमण्डल में उँडेल दी जाती है। लगभग एक अरब (billion)[1] टन कोयला प्रति वर्ष खानों से निकाला जाता है और यदि प्रत्येक टन कोयला २¾ टन कार्बन-डाइ-ऑक्साइड बनाता है तो यह देखा जाएगा कि अकेले इस स्रोत से ही वायुमण्डल को प्रति वर्ष २¾ अरब (billion) की दर से CO_2 की पूर्ति (supply) होगी। इस संख्या में अन्य ईंधन, जैसे कि लकड़ी, पीट, प्राकृतिक गैस इत्यादि का विचार नहीं किया गया है, न उस मन्द दहन अथवा सड़न का ही विचार किया गया है जो वनस्पति पदार्थ में होता है, और न उस CO_2 का ही जो साँस लेने में उत्पन्न होती है। जब CO_2 के इन एवं अन्य समस्त स्रोतों का विचार किया जाता है तो यह कहना उचित जान पड़ता है कि वायुमण्डल को CO_2 की पूर्ति प्रति वर्ष कई अरब टन की दर से हो रही है, फिर भी वायु में इसकी मात्रा इतनी पर्याप्त नहीं बढ़ पाती है कि वह वर्ष प्रति वर्ष अथवा पीढ़ी (generation) दर पीढ़ी भी वर्तमान मात्रा से अधिक हो सके, क्योंकि यह वायुमण्डल में से उतनी ही शीघ्रता से दूर भी हो जाती है जितनी शीघ्रता से यह वायुमण्डल में आती है।

वायु में से CO_2 का लोप प्रधानतः इन कारणों से होता है—(१) हरे पौधे इसे भोजन के रूप में ग्रहण करते हैं, (२) खनिज पदार्थों के संयोग द्वारा, क्योंकि वायु की CO_2 पृथ्वी के ठोस भाग में खनिज पदार्थ के साथ निरन्तर संयुक्त होती रहती है। अतएव यह स्पष्ट हो जाएगा कि CO_2 की कुछ मात्रा परिवर्तन के अटूट चक्र (continuous round) बनाती रहती है। यह पौधों द्वारा वायु में से खींच ली जाती है और पौधे में पहुँचने वाली CO_2 के अंग अथवा उन अंगों में से कुछ अंग पौधे के उस भाग का निर्माण करते हैं जिसे काष्ठ या काठ तन्तु (woody tissues) कहते हैं। स्वरूप परिवर्तन की इस क्रिया में कुछ ऑक्सीजन स्वतन्त्र होकर वायु में मिल जाती है। तब पौधे का कार्बन या तो आग में जलता है अथवा सड़ जाता है, तथा इस प्रकार से उत्पन्न CO_2 फिर से पौधों के प्रयोग के लिए, वायु में लौट आती है। अधिकांश कार्बन डाइ-ऑक्साइड इस चक्र से होकर गुजरती है।

---

[1] See *Mineral Resources of the United States*, an annual publication of the U S Geological Survey

कारण यह है कि एक गरम ऋतु में उत्पन्न हुई वनस्पति का अधिकांश भाग दूसरी गरम ऋतु के आने से पहले जल जाता है अथवा उसका कुछ भाग नष्ट हो जाता है। यह भी सरलता से देखा जा सकता है कि इस गैस का कुछ भाग परिवर्तन के एक चक्र में होकर इस प्रकार गुजर सकता है कि एक ऋतु में ही वायुमण्डल में इसकी वापसी एक बार से अधिक हो सकती है।

कार्बन-डाइ-ऑक्साइड की पूर्ति के विभिन्न स्रोत एक ही स्थान पर सदैव समान नहीं रहते हैं और न विभिन्न स्थानों पर ही समान रहते हैं। यही कारण है कि चूल्हों और भट्ठियों के जलने से उत्पन्न होने वाली CO_2 की मात्रा ग्रीष्म की अपेक्षा जाड़ों में बहुत अधिक होती है, और पौधों एवं जानवरों के पदार्थों के नष्ट होने से उत्पन्न मात्रा जाड़ों की अपेक्षा ग्रीष्म ऋतु मे पर्याप्त अधिक होती है। परन्तु यह स्मरण रखना चाहिए कि एक गोलार्द्ध की ग्रीष्म ऋतु दूसरे गोलार्द्ध की शीत ऋतु के साथ चलती है; किन्तु उत्तरी गोलार्द्ध की तुलना में दक्षिणी गोलार्द्ध में कम लोग रहते है, अतः दक्षिणी गोलार्द्ध में कम ईंधन जलता है और वहाँ पर भूमि का क्षेत्रफल भी कम होने के कारण स्थल वनस्पति का नाश भी कम होता है, अतएव दक्षिणी गोलार्द्ध मे उत्तरी गोलार्द्ध की अपेक्षा कम CO_2 उत्पन्न हो पाती है। कभी-कभी किसी समय विशेष पर ज्वालामुखी (जो CO_2 उत्पन्न करते हैं) अधिक सक्रिय होते हैं, और सम्भवतः वे उस समय ही सबसे अधिक कार्बन-डाइ-ऑक्साइड उत्पन्न करते है जबकि वे सक्रिय होते हैं। जानवरों की श्वास द्वारा उत्पन्न CO_2 की मात्रा सम्भवतः वर्ष भर समान ही रहती है।

वायु से कार्बन-डाइ-ऑक्साइड जिस गति (rate) से ली जाती है उस गति मे भी अन्तर होता है। चूँकि पौधे CO_2 को तभी ग्रहण करते हैं जबकि उनका बढ़ने का समय होता है, अतः मध्य एव उच्च अक्षांशो के पौधे ग्रीष्म ऋतु मे ही इसे वायु-मण्डल से विशेष रूप से ग्रहण करते हैं। यद्यपि दोनो ही गोलार्द्धों मे ग्रीष्म ऋतु समान रूप से होती है, फिर भी दक्षिणी गोलार्द्ध की अपेक्षा उत्तरी गोलार्द्ध में स्थल पर अपेक्षाकृत वनस्पति अधिक होती है, और जहाँ तक स्थल के पौधो का प्रश्न है, उत्तरी गोलार्द्ध मे शीत ऋतु की अपेक्षा उसकी ग्रीष्म ऋतु मे कार्बन-डाइ-ऑक्साइड अधिक शीघ्रता से व्यय होगी। इसके अतिरिक्त CO_2 खनिज पदार्थों के साथ भी उनके ठण्डे रहने की अपेक्षा उनके गरम रहने की दशा मे अधिक शीघ्रता से मिलती है। इस कारण, इस प्रकार से ग्रहण होने वाली गैस की मात्रा में भी ऋतु के अनुसार कुछ अन्तर अवश्य ही होना चाहिए।

प्रथम बार विचार करने पर यह प्रतीत होगा कि CO_2 एक गोलार्द्ध मे जाड़े की ऋतु मे अत्यधिक बढ़ जानी चाहिए और उसी गोलार्द्ध मे ग्रीष्म ऋतु मे कम हो जानी चाहिए, किन्तु वास्तव मे ऐसा होता नही है। इसके दो कारण है—(१) पवन CO_2 का वितरण करती है, (२) पवन के बिना भी अन्य गैसों के समान ही CO_2 वायुमण्डल मे समान रूप से फैल जाती है। उदाहरण के लिए, यह जाड़े में किसी शहर में बड़ी मात्रा में उत्पन्न होती है क्योंकि ऐसे शहर मे प्रतिदिन हजारों टन कोयला

जलता है जो विशाल मात्रा में CO_2 को उत्पन्न करता है, किन्तु यह गैस बड़ी मात्रा में शहर के ऊपर एकत्रित न होकर वायुमण्डल में फैल जाती है, इसलिए पवन के बिना भी उत्पन्न होने वाले प्रदेश में इसकी बहुत अधिकता नहीं होगी। ऐसी दशाओं में थोड़ी सी अधिकता का कारण प्रायः यह होता है कि इसके समान रूप से फैलने की गति पर्याप्त मन्द होती है।

आधुनिक काल में CO_2 की पूर्ति और उसका ह्रास लगभग इस प्रकार से सन्तुलित रहते हैं कि इसकी मात्रा में कोई परिवर्तन दिखाई नहीं देता है, और यह सर्वथा सम्भव प्रतीत होता है कि समय की लम्बी अवधि में पूर्ति हानि से अधिक हुई हो अथवा इसके विपरीत हुआ हो। अतः जब CO की मात्रा में वर्ष प्रति वर्ष किंचित मात्र ही अन्तर होता है तब भी इस निष्कर्ष के लिए कोई आधार नहीं है कि युग युग में इसकी मात्रा में कोई अन्तर नहीं हुआ है।

यद्यपि CO_2 वायुमण्डल का एक अति गौण अंग है तथापि यह पौधों को खुराक देने के अतिरिक्त एक अन्य महत्त्वपूर्ण कार्य भी करती है। पृथ्वी के ठोस भाग से अन्तरिक्ष (space) में विकीर्ण (radiated—विस्तृत) ऊष्मा के कुछ भाग को अपने में रोक रखने की भी एक शक्ति इसमें होती है। अतः यह एक कम्बल की भाँति पृथ्वी की ऊष्मा को भीतर ही रोके रखने का कार्य करती है और यह कम्बल अब पतला होने पर भी प्रभावपूर्ण है। यदि यह कम्बल अधिक मोटा होता तो यह अधिक प्रभावयुक्त होता और पृथ्वी को अधिक गरम बना देता। इस सम्बन्ध में इसका यह कार्य इतना महत्त्वपूर्ण है कि यदि इस गैस की मात्रा वायुमण्डल में दुगुनी कर दी जाती तो पृथ्वी का तापमान, विशेषकर उच्च अक्षांशों में, उल्लेखनीय रूप में बढ़ जाता। दूसरी ओर यदि वायुमण्डल में इसकी मात्रा कम कर दी जाए तो वर्तमान की अपेक्षा जलवायु अधिक ठण्डी हो जाएगी।

जलवाष्प (The water vapor)—वायुमण्डल में जलवाष्प एक अस्थिर मात्रा में होती है। यह वायुमण्डल में निरन्तर प्रवेश करती रहती है और वर्षा, हिम, ओस, पाला इत्यादि के रूप में सघनित (condensed) एवं निस्सादित (precipitated) होती रहती है ताकि वह पुनः भाप बनकर उड़ती, सघनित होती और निस्सादित होती रहे। अधिकांश कार्बन डाइ ऑक्साइड की भाँति यह निरन्तर चक्र बनाती रहती है। किसी समय वायुमण्डल में इसकी मात्रा कितनी होती है, यह तापमान पर निर्भर है। किन्तु अन्य विभिन्न तथ्य, जैसे किसी स्थान विशेष में मिलने *वाली पूर्ति की मात्रा, उस मात्रा को निश्चित करने में सहायक होते हैं जो वास्तव में* वायुमण्डल में है। पृथ्वी की सामान्य सुव्यवस्था में जलवाष्प का महत्त्व आगे के अध्यायों में बताया जाएगा, किन्तु यहाँ पर इतना तो कहा ही जा सकता है कि कार्बन डाइ ऑक्साइड की ही भाँति यह पृथ्वी को गरम रखने के लिए कम्बल का काम करती है। साथ ही, यह भी स्मरण रखना चाहिए कि वायु की जलवाष्प निरन्तर नवीन होते रहने से उस समस्त वर्षा और हिम का स्रोत है जिसके कार्य का वर्णन पिछले पृष्ठों में किया जा चुका है।

वायुमण्डल की धूल (Dust) मे उसके समस्त ठोस कण सम्मिलित है। साधारणतया ये कण हमें दिखाई नही देते हैं, यद्यपि धूल के बादल कभी-कभी आँधी के समय दिखाई देते है। घर के भीतर अथवा बाहर सभी वस्तुओं पर वायु से निकल कर धूल का जम जाना इसके सर्वव्यापी अस्तित्व का पर्याप्त प्रमाण है। यदि कमरे मे अधेरा करके प्रकाश को केवल एक सँकरे छोटे छेद मे से होकर कमरे मे प्रवेश करने दिया जाए तो यह कमरे के भीतर की वायु मे देखी जा सकती है। जो वायु स्वच्छ दिखाई देती है उसको भी यदि इसी प्रकार से देखा जाए तो उसमें ठोस पदार्थ के असख्य टुकड़े देखे जा सकते है। कभी-कभी धूल की मात्रा शहरो के ऊपर तथा शुष्क एव आँधी वाले प्रदेशो मे पर्याप्त अधिक होती है। फरवरी १८६१ के कुहरा (fog) के दिनों मे यह अनुमान लगाया गया था कि लन्दन में तथा उसके समीप काँच की छतो पर जमी हुई धूल की मात्रा २·७ वर्ग किलोमीटर पर ६ टन थी। धूल मे पदार्थ की विभिन्नता बहुत थी जिसमे कार्बन (soot के जल) की प्रधानता थी।

कुछ दिन पहले वायु की एक निश्चित मात्रा मे धूल के कणो को गिनने के लिए एक विधि निकाली गयी थी। परिणाम से यह ज्ञात हुआ कि विशाल नगरो की वायु मे प्रत्येक घन सेण्टीमीटर वायु मे लाखो ही धूल के कण होते हैं; यहाँ तक कि नगरो और कारखानों से दूर देहात की स्वच्छ वायु में भी प्रत्येक घन सेण्टीमीटर मे सैकड़ो ही धूल के कण होते हैं। यह अनुमान किया गया है "सिगरेट के प्रत्येक कश (puff) मे लगभग ४०,००,००,००,००० अलग-अलग धूल के कण स्थित होते है।" समुद्र के ऊपर की वायु की अपेक्षा स्थल के ऊपर की वायु मे, और ऊपरी वायुमण्डल की अपेक्षा निचले वायुमण्डल की वायु मे धूल की मात्रा अधिक रहती है।

धूल के कणो मे **अजीवज पदार्थ** (inorganic materials) रहते है, जैसे—(१) सूखे खेतो एवं सडको से उडाये गये खनिज पदार्थो के सूक्ष्म कण, (२) चिमनियो से निकले हुए धूएँ के कण, (३) समय-समय पर ज्वालामुखियो से फेके गये चट्टानो के छोटे-छोटे कण और, (४) उल्का-धूल (meteoric dust) अथवा वह धूल जो बाहरी अन्तरिक्ष से पृथ्वी पर आती है, जैसे वह धूल जो वायुमण्डल मे "टूटने वाले सितारो" के नष्ट होने से बनती है। वायु मे इन पदार्थो के अतिरिक्त जीव-पदार्थो के कण (organic particles) भी होते है। जीवज धूल-कणो मे अनेक पोधो के बीजाणु (spores) होते है। किसी सूखी धूम-गोली (puff ball) के तोडने पर जो धूल वायु मे फैल जाती है, उसे यहाँ एक उदाहरण के रूप मे लिया जा सकता है। जिस शीघ्रता के साथ रोटी अथवा केक (cake) अथवा चमडे का एक सीला हुआ (moist) टुकडा, विशेषकर किसी अँधेरे गरम स्थान मे, फफूँद (mouldy) जाता है। इससे यह तथ्य स्पष्ट हो जाता है कि वायु मे पौधो के बीजाणु प्राय सभी जगहो पर मौजूद होते है। फफूँद बीजाणुओ से उत्पन्न एक प्रकार के पौधे होते है और वे वायु मे उस समय तक तैरते रहते है जब तक कि उनके विकास के लिए कोई उचित स्थान नही मिल जाता। बहार के मौसम (blossoming season) मे पवन को फूलो

से पर्याप्त पराग धूल (pollen dust) मिलती है। पवन द्वारा पराग का वितरण पौधों की दुनिया में एक महत्त्वपूर्ण उद्देश्य की पूर्ति करता है।

फ्रांस की मौण्टसोरिस नाम की वेधशाला (Montsouris Observatory) में एक घन मीटर वायु में शाकाणुओं (bacteria) की संख्या ३४५ पायी गयी थी, जबकि वायु की इतनी ही मात्रा में पेरिस नगर के मध्य भाग में उनकी संख्या ४,७६० थी। इन संख्याओं से देहात और नगर की वायु की सापेक्षिक स्वच्छता (relative purity) का आभास (idea) मिलता है।

वायुमण्डल में धूल के कण विभिन्न अन्य प्रकारों से भी महत्त्वपूर्ण कार्य करते हैं। वे सूर्य के प्रकाश को वितरित करने में सहायक होते हैं जिससे सम्पूर्ण वायुमण्डल अधिक सुचारु रूप से प्रकाशित होता है। यदि वायुमण्डल में धूल न होती तो सूर्य अब की अपेक्षा अधिक रोशनीयुक्त दिखाई देता। आकाश का रंग, सूर्योदय और सूर्यास्त के आरंग (tints—छटा) आदि सभी वायुमण्डल की धूल द्वारा प्रभावित होते हैं। धूल के कण उस केन्द्रक (nuclei) का भी निर्माण करते हैं जिनके चारों ओर जलवाष्प संघनित होती है। पहले यह विश्वास किया जाता था कि धूल के कण वायुमण्डल में जलवाष्प के संघनन के लिए आवश्यक हैं, किन्तु यह सत्य प्रतीत नहीं होता है।

१४

वायु का तापमान
(TEMPERATURE OF THE AIR)

वायु का तापमान एक ऋतु से दूसरी ऋतु में, एक दिन से दूसरे दिन और यहाँ तक कि दिन के एक भाग से दूसरे भाग में भी बदलता रहता है। मानव के सभी कार्यों में तापमान का महत्त्वपूर्ण स्थान होता है, अतः तापमान को नापने और उसका लेखा (record) रखने की विधि को जानना सुविधाजनक होगा।

तापमापी या तापमापक यन्त्र (The thermometer)—तापमान को तापमापी नामक यन्त्र से नापा जाता है जिसका सिद्धान्त सरलता से समझा जा सकता है। यह काँच की एक नली का बना होता है। नली के एक सिरे पर एक बल्ब (bulb—कन्द) होता है। कन्द के अतिरिक्त काँच की नली सर्वत्र एक ही मोटाई अथवा एक ही व्यास की होती है। कन्द और कन्द के समीप वाले नली के निम्न सिरे पर, अधिकतम स्थितियों में, पारा भर दिया जाता है। फिर पारे को उसके क्वथनांक (boiling point) तक गरम किया जाता है जिससे नली की समस्त वायु बाहर निकल जाए। जब नली उबलते हुए पारे से भर जाती है और उसमें की समस्त वायु गर्मी द्वारा बाहर निकाल दी जाती है तो नली का मुँह बन्द कर दिया जाता है। शीतल हो जाने पर पारा सिकुड़कर नली के बल्ब (कन्द) वाले भाग में भरा रह जाता है। पारे के अतिरिक्त भाग में एक पोल (vacuum) रह जाती है। तापमान के बढ़ने पर नली में पारा फैलकर ऊपर को पोल (vacuum) में उठने लगता है और जब तापमान नीचे गिरता है तो पारा भी सिकुड़कर नीचे को खिसक आता है। नली में पारे के ऊपर जाने अथवा नीचे को गिरने की मात्रा ही तापमान के परिवर्तन की मात्रा को बताती है।

नली के ऊपरी तल पर एक मापक (scale) बना रहता है जिससे तापमापी से तापमान को सहज ही में पढ़ा जा सकता है। इस कार्य के लिए साधारणतया दो प्रकार के मापकों का प्रयोग किया जाता है—फारेनहाइट (Fahrenheit) और सेण्टीग्रेड (Centigrade)। मापक निम्न प्रकार से बनाये जाते हैं समुद्र-तल पर (७६० मिलीमीटर दबाव) तापमापक की नली को खौलते हुए पानी अथवा खौलते हुए पानी के ऊपर भाप में तब तक रखा रहने दिया जाता है जब तक कि नली और नली के अंग पानी के तापमान को ग्रहण न कर लें। इस दशा में यदि फारेनहाइट मापक बनाना हो तो जिस बिन्दु तक पारा नली में ऊपर उठता है वहाँ पर २१२°

अंकित कर दिया जाता है। फिर पारे की नली का आर्द्र पिसी हुई हिम (moist pounded ice) अथवा बरफ मे तब तक रखा जाता है जब तक कि नली मे पारे का तल (level) स्थिर न हो जाए, और जिस तल पर पारा स्थिर होता है वहां ३२° अंकित किया जाता है। २१२° और ३२° के चिह्नों के बीच के स्थान को १८० बराबर भागों मे बांट दिया जाता है। प्रत्येक भाग को एक अंश (१° फा०) कहा जाता है। आवश्यकतानुसार तापमापी की सूक्ष्मता के आधार पर नली के ऊपर प्रत्येक अंश के लिए, प्रत्येक दो अंश के लिए अथवा प्रत्येक पांच अंश के लिए चिह्न बनाए जा सकते है।

हिमांक तापमान (freezing temperature) के नीचे का स्थान भी इसी प्रकार से अंशों मे विभक्त कर दिया जाता है, ३२° के नीचे के अंशों के चिह्नों की दूरी नली पर उसी रूप मे रहती है जिस रूप मे उसी स्थान के चिह्नों की ऊपर की ओर होती है। इस मापक का ०° हिमांक बिन्दु से ३२° नीचे रहता है। मापक को नली पर और भी नीचे ले जाया जाता है और ०° से नीचे के तापमान को "शून्य से नीचे (below zero)" कहा जाता है। जैसे २०° शून्य से नीचे का अर्थ होता है हिमांक बिन्दु से ५२° नीचे और इसे —२०° फा० लिखा जाता है।

सेण्टीग्रेड मापक अधिक सरल एवं उत्तम होता है, यद्यपि दुर्भाग्यवश अंग्रेजी भाषा भाषी देशों मे इसका कम प्रचार है। सामान्य वायुमण्डलीय दबाव की परिस्थिति मे हिमांक तापमान पर पारे की ऊँचाई ०° अंकित की जाती है और क्वथनांक तापमान १००°। दोनों के बीच का स्थान १०० भागों मे बाँट दिया जाता है और प्रत्येक भाग एक अंश (१° से०) होता है। शून्य के नीचे के अंशों के चिह्नों मे वही अन्तर रहता है जो मापक मे ऊपर के चिह्नों का होता है। यह देखा जा सकता है कि १° सें० बराबर होता है १$\frac{4}{5}$° फा० के। यदि अंशों का यह सम्बन्ध याद रख लिया जाए तो फारेनहाइट के अंशों को सेण्टीग्रेड मे और सेण्टीग्रेड के अंशों को फारेनहाइट के अंशों मे सरलता से बदला जा सकता है।

वायुमण्डल का तापन
(Heating of the Atmosphere)

ऊष्मा के स्रोत (Sources of heat)—वायुमण्डल को विभिन्न स्रोतों से ऊष्मा प्राप्त होती है, किन्तु सूर्य से प्राप्त होने वाली ऊष्मा अन्य समस्त स्रोतों से प्राप्त होने वाली ऊष्मा से इतनी अधिक होती है कि यहां पर अन्य स्रोतों पर विचार करने की आवश्यकता ही नहीं है।

सूर्य से कितनी ऊष्मा प्राप्त होती है, इस तथ्य द्वारा प्रकट है कि नियमानुसार सूर्य के उत्कर्ष के साथ साथ तापमान बढ़ता है और सूर्य के नीचे जाने पर वह कम हो जाता है, और फिर इस तथ्य द्वारा भी कि साधारणतः किसी धूप वाले दिन उसी ऋतु मे तापमान एक बादलों वाले दिन के तापमान की अपेक्षा अधिक गरम रहता है। यह सत्य है कि इन सामान्य नियमों के कभी कभी अपवाद भी होते हैं क्योंकि कभी कभी कोई कोई रात दिन की अपेक्षा अधिक गरम होती है और कोई बादलों

मे घिरा हुआ दिन धूप वाले दिन की अपेक्षा अधिक गरम हो जाता है। किन्तु ये अपवाद कथन की सामान्य सत्यता मे हस्तक्षेप नही कर पाते है। वायुमण्डलीय ऊष्मा का दूसरा स्रोत जो महत्त्व में द्वितीय स्थान रखता है, पृथ्वी का भीतरी भाग (interior—आभ्यन्तर) है; किन्तु इस स्रोत की ऊष्मा इतनी पर्याप्त नही है कि वायुमण्डल के तापमान को प्रत्यक्ष रूप मे प्रभावित कर सके।

सूर्य के द्वारा ताप (Sun heating; insolation)—अन्तरिक्ष का तापमान लगभग—२७३° सेण्टीग्रेड (—४५९° फा०) माना जाता है। हम जिस तापमान का आनन्द लेते है वह सूर्य से मिलने वाली गरमी का ही परिणाम होता है। फिर भी, पृथ्वी को सूर्य से वितरित ऊष्मा का केवल अति तुच्छ भाग (१/२००००००००० वे भाग से भी कम) मिलता है। प्रत्येक वर्ष में प्राप्त ऊष्मा की मात्रा यदि समान रूप से वितरित हो तो समस्त पृथ्वी के ऊपर लगभग ४४ मीटर (१४१ फुट) मोटी हिम की परत को पिघलाने के लिए अथवा लगभग ६ मीटर (१८ फुट) गहरे पानी की परत को वाष्प बना देने के लिए काफी है।

प्रत्येक गोलार्द्ध प्रत्येक वर्ष सूर्य से ऊष्मा की समान मात्रा प्राप्त करता है, किन्तु पृथ्वी के अक्ष के झुकाव के कारण विभिन्न अक्षांशो मे ऊष्मा की मात्रा समान नही होती है। इस सम्बन्ध में दो बातो का विचार विशेष महत्त्वपूर्ण है· (१) अन्य बातो के समान रहने पर पृथ्वी प्रति क्षेत्रफल की इकाई मे वहाँ पर अधिकतम ऊष्मा प्राप्त करती है जहाँ सूर्य प्रतिदिन अधिकतम घण्टो तक चमकता है। उच्चतम अक्षाशो मे ग्रीष्म ऋतु मे दिन सबसे अधिक लम्बे होते है। अत· जहाँ तक दिन की लम्बाई का सम्बन्ध है, ग्रीष्म ऋतु मे पृथ्वी के किसी अन्य भाग की अपेक्षा ध्रुवों को अधिक ऊष्मा प्राप्त होनी चाहिए। (२) अन्य बातो के समान रहने पर स्थल अथवा जल-तल प्रति क्षेत्रफल इकाई (per unit area) मे वहाँ पर अधिकतम ऊष्मा प्राप्त करते है जहाँ पर सूर्य की किरणे अधिकतम रूप मे लगभग ऊर्ध्वाधर पडती है। इसके कारण ये है (अ) ऊर्ध्वाधर किरणे अधिकतम सकेन्द्रीय होती है, और क्योंकि (ब) ऊर्ध्वाधर किरणे वायु की, जो उनकी ऊष्मा के कुछ अश को ग्रहण कर लेती है, कम मोटाई से होकर गुजरती है। यह चित्र ४६५ मे दिखाया गया है। किरणो का एक निश्चित समूह, १, तल पर ऊर्ध्वाधर रूप मे आता हुआ, एक निश्चित स्थान पर वितरित होता है जबकि किरणो के समान समूह २ एव ३, तल पर तिरछे रूप मे आते हुए एक अधिक विशाल क्षेत्र मे वितरित है और इस कारण प्रत्येक भाग को कम गरम करते है।

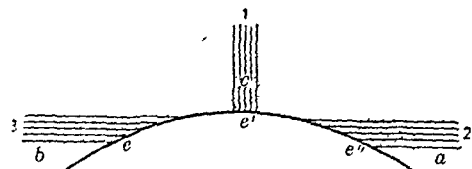



Fig. 465

Diagram to illustrate the unequal heating power of the sun at different attitudes. When its rays are vertical they are concentrated on less space on the surface of the earth, and at the same time pass through less atmosphere, than when they strike the surface of the earth obliquely.

फिर तिरछी किरणें २ या ३, वायुमण्डल की अधिक मोटाई से होकर गुजरती हैं और पृथ्वी के ठास भाग के तल तक पहुँचने के पहले उनकी अधिकाश ऊष्मा समाप्त हो जाती है। जिस कोण पर सूय की किरणे पृथ्वी पर पहुँचती है वह काण स्थान स्थान पर भिन्न भिन्न होता है। एक ही स्थान और भिन्न भिन्न समया पर वह काण बदलता रहता है क्योकि पृथ्वी के परिभ्रमण (rotation) का अक्ष उसके कक्ष के तल की आर उस समय झुका रहता है जबकि पृथ्वी सूय का परिक्रमण (revolution) करती है। इसको चित्र ४६४ द्वारा स्पष्ट किया गया है जिसकी व्याख्या पहले की जा चुकी है।

ऊष्मा का प्राथमिक वितरण (Primary distribution of heat)—यह स्मरण रखते हुए कि सूय का परिक्रमण करते समय पृथ्वी का एक झुके हुए अक्ष पर परिभ्रमण करना (चित्र ४६१) एक एसी स्थिति है जो वष भर यह आभास देती है कि सूय उत्तर दक्षिण चला करता है (चित्र ४६४)। सूय की इस आभासी गति के प्रभाव के फलस्वरूप सूय द्वारा प्राप्त ऊष्मा के वितरण का अध्ययन कर सकते ह। चित्र ४६३ से हम देखते है कि जब सूय की किरणे भूमध्यरेखा के दक्षिण २३½° पर पृथ्वी के तल पर लम्बवत पडती ह तो वे उत्तरी गोलाद्ध मे प्रत्येक स्थान पर अधिकतम तिरछी होती ह और दक्षिणी गोलाद्ध म प्रत्येक स्थान पर कम से कम तिरछी होती है। अत इस अवसर पर उत्तरी गोलाद्ध की अपेक्षा दक्षिणी गोलाद्ध अधिक ऊष्मा प्राप्त करता है, जिसका कारण सूय की किरणा की दिशा होती है। इस अवसर पर उत्तरी गोलाद्ध की अपक्षा दक्षिणी गोलाद्ध मे दिन अधिक लम्बे होते है और यह एक दूसरा कारण है जिससे इस समय उत्तरी गोलाद्ध की अपक्षा दक्षिणी गोलाद्ध अधिक ऊष्मा प्राप्त करता है। जब सूय की किरणे २३½° दक्षिणी अक्षाश पर ऊर्ध्वाधर होती है (मकर-सक्रान्ति, २२ दिसम्बर), उस अवसर के पश्चात वे उत्तरोत्तर अधिक उत्तर की ओर के स्थाना पर लम्बवत् होती जाती है और २१ माच को वे भूमध्य रेखा पर ऊर्ध्वाधर हो जाती ह (चित्र ४६४)। उस समय पृथ्वी पर सवत्र दिन-रात बराबर होते है और सूय की किरणे भूमध्यरेखा के उत्तर और दक्षिण समान अक्षाशो मे समान रूप से तिरछी होती हे। एक गोलाद्ध का कोइ अक्षाश उस समय ऊष्मा की उतनी ही मात्रा प्राप्त करता है जितनी कि दूसर गोलाद्ध का वही अक्षाश प्राप्त करता है।

२१ माच के पश्चात सूय उत्तर की ओर अपनी यात्रा को चालू रखता हुआ प्रतीत होता है, यहा तक कि २१ जून को उसकी किरणें कक रेखा, २३½° उत्तर, पर ऊर्ध्वाधर पडती है (चित्र ४६४)। इस समय उत्तरी गोलाद्ध म दिन लम्बे होते है और इसी गोलाद्ध की राते, उन सभी अक्षाशो मे जहाँ दिन रात बारी बारी से आते ह (ध्रुव प्रदेशा को छोडकर), सबसे छोटी हो जाती है (चित्र ४६२)। साथ ही साथ, समग्र रूप मे, किसी अन्य समय की अपेक्षा उत्तरी गोलाद्ध मे सूय की किरणे कम तिरछी होती हैं। इस समय दक्षिणी गोलाद्ध की दशा इस गोलाद्ध की दशा के नितान्त विपरीत होती है। अत इस समय वष के किसी अन्य समय की अपेक्षा

उत्तरी गोलार्द्ध अधिक शीघ्रता से सूर्य द्वारा गरम हो रहा होता है जबकि दक्षिणी गोलार्द्ध वर्ष के किसी अन्य समय की अपेक्षा कम ऊष्मा प्राप्त कर रहा होता है।

२१ जून से २२ दिसम्बर तक, सूर्य इस प्रकार से चलता हुआ ज्ञात होता है कि इसकी किरणें उत्तरोत्तर अधिक दक्षिण की ओर ऊर्ध्वाधर होती जाती हैं और पूर्वोक्त घटनाक्रम उलट जाता है।

जिन अक्षांशों में सूर्य की किरणें ऊर्ध्वाधर पड़ती हैं, वे कर्क और मकर रेखाओं के बीच में पड़ते हैं (चित्र ४६४)। किन्तु वर्ष भर औसत रूप में सूर्य की किरणें नीचे से नीचे के अक्षांशों में सबसे कम तिरछी पड़ती हैं। यही कारण है कि निम्न अक्षांश, समग्र रूप में, उच्च अक्षांशों की अपेक्षा अधिक गरम रहते हैं।

विभिन्न अक्षांशों में एक दिन में प्राप्त सूर्य की ऊष्मा की वास्तविक मात्रा दिन की लम्बाई (धूप के घण्टों) और सूर्य की किरणों की दिशा द्वारा निर्धारित की जाती है। किन्तु इस बात का ध्यान रखना चाहिए कि वे अक्षांश, जहाँ पर दिन अधिकतम लम्बे होते हैं, सूर्य की ऊर्ध्वाधर किरणों को कभी प्राप्त नहीं करते हैं। इन दो तथ्यों के आधार पर हिसाब लगाया गया है जो यह दिखाता है कि वर्ष भर में और भिन्न-भिन्न ऋतुओं में भिन्न-भिन्न अक्षांशों को ऊष्मा का कौनसा अनुपात प्राप्त होता है। वर्ष भर में, पृथ्वी के किसी अन्य भाग की अपेक्षा भूमध्यरेखा अधिक ऊष्मा प्राप्त करती है। यदि वहाँ पर प्रतिदिन की प्राप्त ऊष्मा की मात्रा का औसत १ मान लिया जाए तो एक वर्ष में प्राप्त ऊष्मा की मात्रा ३६५·२ होगी। विभिन्न अन्य अक्षांशों में प्राप्त अनुपाती मात्रा को निम्न तालिका में प्रदर्शित किया गया है :

अक्षांश	०°	१०°	२०°	३०°	४०°	५०°	६०°	७०°	८०°	९०°
ताप दिन (thermal days) अथवा वार्षिक ऊष्मा की सापेक्ष मात्रा (relative amount of yearly heat)	३६५·२	३६०·२	३४५·२	३२१·०	२८८·५	२४९·७	२०७·८	१७३·०	१५६·६	१५१·६

इस सारिणी (तालिका) से यह स्पष्ट है कि ४०° अक्षांश भूमध्यरेखा की ऊष्मा का लगभग $\frac{४}{५}$ भाग प्राप्त करता है और ७०° अक्षांश उसके आधे से कुछ कम।

वर्ष के आधे भाग में जब सूर्य की किरणें भूमध्यरेखा से उत्तर में ऊर्ध्वाधर पड़ती हैं, २५° उ० अक्षांश में अधिकतम ऊष्मा प्राप्त होती है। वर्ष के इस आधे भाग में सूर्य की किरणें औसत रूप में ११$\frac{३}{४}$° अक्षांश में (भूमध्यरेखा एवं २३$\frac{१}{२}$° अक्षांश के बीच के आधे भाग में) अधिकतम रूप से लगभग ऊर्ध्वाधर होती हैं; किन्तु और अधिक उत्तर की ओर दिन अधिक लम्बे होते हैं। २१ जून के समीपवर्ती तीन महीनों में अधिकतम ऊष्मा की पेटी (zone of greatest heat) ४१° उ०

अक्षाश पर होती है। यहा पर सूर्य की किरणें कर्क रेखा के समीप के अक्षाशो की अपेक्षा लगभग कम ऊर्ध्वाधर रहती हैं किन्तु दिन बहुत अधिक लम्बे होते हैं। ३१ मई और १६ जुलाई[1] के बीच उत्तरी ध्रुव पृथ्वी के किसी अन्य भाग की अपेक्षा अधिक ऊष्मा प्राप्त करता है क्योकि इस अवसर पर चौबीस घण्टो का दिन सूर्य की किरणो के अधिक तिरछेपन के प्रभाव को कम कर देता है। कर्क संक्रान्ति (summer solstice) के अवसर पर उत्तरी ध्रुव के अति निकट का क्षेत्र भूमध्यरेखा पर स्थित एक समान क्षेत्रफल के खण्ड को कभी भी प्राप्त होने वाली ऊष्मा की अपेक्षा २०% अधिक ऊष्मा और उस अवसर पर भूमध्यरेखीय प्रदेश को प्राप्त होने वाली ऊष्मा से ३६% अधिक ऊष्मा प्राप्त करता है। चित्र ४६६ उत्तरी गोलार्द्ध के विभिन्न अक्षाशो मे महाविषुव (vernal equinox) के समय से लेकर कर्क संक्राति के समय तक सूर्य से प्राप्त होने वाली ऊष्मा की मात्रा दिखाता है।

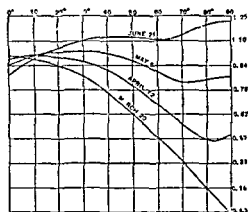



Fig 466

Diagram showing receipt of heat in different latitudes of the northern hemisphere for four dates between the vernal equinox and the summer solstice The latitudes are indicated at the top of the figure, and the relative amounts of heat at the right

(*After Wiener*)

किसी स्थान का तापमान अन्य स्थान की अपेक्षा आवश्यक रूप से इस कारण अधिक ऊँचा नही होता है कि उसे अधिक ऊष्मा प्राप्त होती है। उदाहरण के लिए, ऊष्मा की कोई भी मात्रा ग्रीनलैण्ड के तापमान को गरम नही बना सकती जब तक कि वहाँ की हिम पिघल न जाए। वह समस्त ऊष्मा जो तापमान को ३२° फा० से ऊपर उठाने के उद्देश्य से प्राप्त होती है, हिम को पिघलाने और उसके वाष्पीकरण मे व्यय हो जाती है और तापमान को ३२° फा० (०° से०) से ऊपर नहीं उठा पाती। उत्तरी ध्रुव के समीप का प्रदेश भूमध्यरेखीय क्षेत्र की अपेक्षा अधिक ऊष्मा प्राप्त करने पर भी बहुत गरम नही हो पाता है क्योकि ऊष्मा का अधिकाश हिम को पिघलाने और उस जल को जो हिम से शीतल हो जाता है उष्ण करने मे व्यय हो जाता है। यह जल अत्यन्त मन्द गति से उष्ण होता है और जैसे ही गरम करने की क्रिया भलीभाति आरम्भ होती है वैसे ही जल दूर चला जाता है।

---

[1] हैन (Hann) ने ये तिथियां १० मई से ३ अगस्त तक की दी हैं, अवधि ८६ दिन।

ऊष्मा के सम्बन्ध में सूर्य पृथ्वी के लिए क्या करता है, इस बात को निम्न तालिका में दिखाया गया है। तालिका प्रदर्शित करती है कि यदि वायुमण्डल न होता तो पृथ्वी पर विभिन्न अक्षांशो में अनुमानित औसत तापमान (सेण्टीग्रेड) क्या होता। तालिका के ऊपरी भाग के अंक ओष्णतम (warmest) और शीतलतम (coldest) महीनों के है :

अक्षांश	भूमध्य रेखा	१०°	२०°	३०°	४०°	५०°	६०°	७०°	८०°	ध्रुव
ओष्णतम मास (warmest month)	६७	६३	७०	७८	७५	७५	७३	७६	८०	८२
शीतलतम मास (coldest month)	५६	५०	३६	१६	–१०	–४५	–१०३	–२७३	–२७३	–२७३
वार्षिक माध्य (annual mean)	६२	५१	५७	५०	३१	२४	१	–४३	–८१	–१०५

तापन एवं शीतल होने की क्रिया (Heating and cooling)—वायु द्वारा ऊष्मा की प्राप्ति, हानि (loss) एवं संक्रामण (transference) में तीन विधियाँ सम्मिलित हैं। वे **विकिरण** (radiation), **संचालन** (conduction) और **संवाहन** (convection) हैं। पृथ्वी पर तापमान का वितरण समझने के लिए इन विधियो का समझना आवश्यक है।

(१) **विकिरण** (Radiation)—जब सूर्य चमकता है तो वह तल जिसको सूर्य की किरणें स्पर्श करती हैं, उस ऊष्मा को चूस लेने के द्वारा गरम होता है जिसको सूर्य (radiate) विकीर्ण करता है। आग के सामने रखा हुआ कोई भी पदार्थ आग द्वारा विकीर्ण (फेंकी गयी) ऊष्मा को अपने मे ले लेने से गरम होता है। ऊष्मा के विकिरण के लिए किसी पिण्ड (body) को सूर्य के समान चमकता हुआ गरम पिण्ड होने की आवश्यकता नहीं है। कोई भी पिण्ड जो अपने पास-पड़ोस से अधिक गरम है, ऊष्मा का विकिरण करता है और जो पिण्ड ऊष्मा का विकिरण करता है, वह स्वयं शीतल हो जाता है। आग के बुझ जाने के शीघ्र पश्चात ही कोई चूल्हा ऊष्मा का विकिरण करना बन्द कर देता है। दिन मे सूर्य से विकीर्ण ऊष्मा को अपने मे ले लेने के कारण गरम हुआ स्थल रात में अपनी ऊष्मा को विकीर्ण करके प्रातःकाल तक शीतल हो जाता है। जिस गति से विकिरण द्वारा किसी निश्चित पिण्ड की ऊष्मा का लोप हो जाता है, वह उसके तथा उसके पास-पड़ोस के बीच के तापमान के अन्तर पर निर्भर होती है। उदाहरण के लिए, एक उष्ण स्टोव एक गरम कमरे की अपेक्षा एक ठण्डे कमरे मे अधिक शीघ्रता से शीतल होगा।

(२) **संचालन** (Conduction)—यदि लोहे की एक छड़, जैसे आग को कुरेदने (poke) का लोहे का सीकचा, का एक सिरा आग में रख दिया जाए, तो दूसरा सिरा भी शीघ्र ही गरम हो जाएगा। इसका अर्थ यह है कि गरमी कण-कण को पार करती हुई एक सिरे से दूसरे सिरे को गुजर जाया करती है। इस क्रिया को

व्यूहाण्वीय सचालन (molecular motion) अथवा ऊष्मा शक्ति (heat energy) कहते है। ऊष्मा की पारगमन (transmission) की इस विधि को **सचालन** (conduction) कहते है। कोई भी ठण्डा पिण्ड किसी गरम पिण्ड के सम्पर्क मे आने पर सचालन द्वारा गरम हो जाता है। जहाँ कही भी स्थल का तापमान वायु के तापमान की अपेक्षा अधिक होता है, वहा वायु का निचला स्थल के सम्पर्क द्वारा अर्थात सचालन द्वारा गरम हो जाता है।

(३) **सवाहन** (Convection)—जब पानी से भरी पतीली किसी गरम चूल्हे पर रखी जाती है तो पेंदे मे का पानी सचालन द्वारा पहले गरम होता है। इसी को या भी कह सकते है कि ठण्डा पानी गरम पानी के सम्पर्क मे आकर पतीली की गरमी को अपने मे ले लेता है। गरम होने से पानी फैलता है। जब पतीली के नितल मे पानी फैलता है तो वह ऊपर के पानी से हलका हो जाता है। ऊपर का भारी पानी तब नीचे बैठता है और नीचे के गरम और हलके पानी को ऊपर की ओर ढकेल देता है। इस प्रकार की गति को **सवाहन** कहते है। सवाहन के अन्य उदाहरण स्टोव, भट्टी आदि म मिलते है। किसी गरम स्टोव के ऊपर वायु म हलके कागज का एक पन्ना क्षण भर के लिए रुका रह सकता है तथा सवाहन धारा की उठती हुई वायु द्वारा ऊपर भी ले जाया जा सकता है। पुन जब किसी चिमनी की वायु गरम होती है ता वह फैलती है और अपने पास पडोस की वायु की अपेक्षा कम घनी हो जाती है। चिमनी अथवा स्टोव के आधार के आसपास की अधिक शीतल और अधिक घनी वायु चिमनी मे की फैली हुई वायु के नीचे घुस आती है और उसे धक्का देकर चिमनी से बाहर निकाल देती है। चूकि चिमनी के भीतर घुसने वाली वायु निरन्तर फैलती रहती है अत जब तक आग जलती रहती है, तब तक वायु का ऊपर को चलने वाला झोंका चलता रहता है। अत किसी चिमनी का प्रत्येक झाका सवाहन का एक उदाहरण है। यह देखा जा सकता है कि सवाहन म गैस अथवा द्रव के छोटे छोटे अणु (molecules) अपनी स्थिति का एक दूसरे के सापेक्ष मे परिवर्तित करते ह जबकि किसी ठोस मे सचालन के समय वे ऐसा नही करते है।

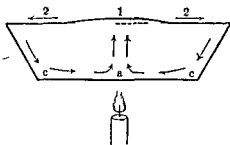



Fig 467

Diagram to illustrate convection in a vessel of water heated at one point at the bottom Surface dome greatly exaggerated

वायु एव जल के तापमान के सम्बन्ध म सवाहन इतने अधिक महत्त्व का होता है कि इस विधि का कुछ अधिक विस्तार के साथ विश्लेषण किया जा सकता है। मान लो कि जल से भरा एक बरतन है जिसके पेंदे के मध्य बिन्दु को गरम किया जा रहा है (चित्र ४६७)। (१) यह पानी *a* स्थान पर गरम होकर फैलता है

और अपने ऊपर के जल को ऊँचा उठाता है, जिससे तल पर 1 स्थान पर एक अति नीचा गुम्वद उत्पन्न होता है। (२) गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव से पानी गुम्वद से इधर-उधर को वह जाता है। परिणाम यह होता है कि शकोरे (dish) के नितल मे असमान दवाव उत्पन्न हो जाता है। *a* की अपेक्षा *c* पर अधिक दवाव होता है क्योकि *a* के ऊपर की अपेक्षा *c* के ऊपर अधिक अणु (molecules) होते है। (३) *c* पर दवाव की अधिकता के कारण जल *c* से *a* की ओर चलता है और उस स्थान पर के अधिक गरम पानी को हटाकर (ऊपर को उठाकर) उस ऊपर को चलने वाली गति को उत्पन्न करता है जो चित्र के मध्य मे दिखाया गया है। (४) *c* से केन्द्र की ओर जल की गति के कारण से *c* से ऊपर का जल उस जल का स्थान ग्रहण करने के लिए नीचे आता है जो *a* की ओर को चला गया है, जबकि निरन्तर तापन (heating) के कारण *a* के ऊपर जल की उठान गुम्वद बनाती रहती है और तल के ऊपर केन्द्र से पार्श्व की ओर पार्श्व-संचालन चलता रहता है।

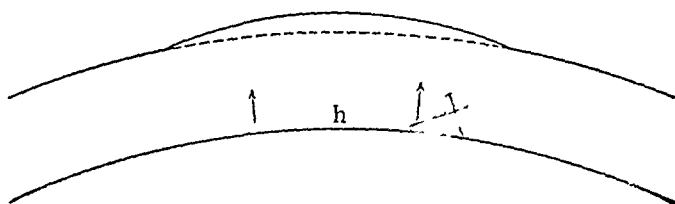



Fig. 468

The initial rise of air, as a result of [illegible] due to the expansion of the part heated [illegible]

जव सूर्य से विकीर्ण ऊष्मा के द्वारा स्थल का तल [illegible] होता है, तो वह अपने ऊपर की वायु को अशत सचालन द्वारा किन्तु प्रधान। सवाहन द्वारा गरम करता है। गरम हुई वायु फैलती है और ऊपर उठती है। उठने का आरम्भ फैलाव के कारण होता है (चित्र ४६८)। यदि किसी निश्चित प्रदेश की वायु जैसा कि चित्र मे दिखाया गया है, उसके अनुसार फैल जाय, तो फैले हुए वायु-स्तम्भ के शीर्ष की वायु

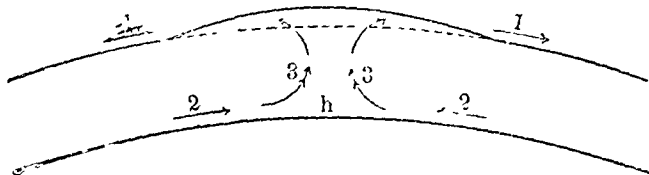



Fig. 469

The permanent heating of the air over a given region gives rise to permanent convection currents.

उसी प्रकार इधर-उधर विखर जाएगी। ऐसी परिस्थितियो मे पानी फैल जाता है। **ऐसा हो जाने के पश्चात** *h* स्तम्भ के आधार पर वायु की मात्रा गरम क्षेत्र के वाहर उसी स्तर पर वायु की मात्रा की अपेक्षा कम हो जाएगी और गरम स्तम्भ के वाहर की वायु कमी को पूरी करने के लिए स्तम्भ मे प्रवेश कर जाएगी। यह प्रवेश गरम

और फैली हुई वायु के स्तम्भ को ऊपर उठने को बाध्य करेगा और आगे वायु के ऊपर से वह जाने के कारण नितल पर वायु का अन्दर की ओर बहना (inflow) बनता रहेगा। यदि तापित क्षेत्र का तापन (heating) होना रहे तो तापित (heated) प्रदेश मे एक स्थायी सवाहन धारा (convection current) स्थापित हो जाएगी (चित्र ४६६)।

सवाहन धारा को स्थापित करने के लिए यह आवश्यक नही है कि फैलती हुई वायु अपने ऊपरी तल को स्पष्ट रूप मे और वास्तव मे ऊपर उठा दे जैसा कि चित्र ४६६ मे दिखाया गया है। जब वायु ऊपर की ओर फैलती है तो वह निरन्तर तापित एव फैलते हुए भाग के ऊपर की वायु को दबाती है (चित्र ४७०)। जहाँ पर दबाव उत्पन्न होता है वहा दबी हुई वायु (compressed air) उसी तल पर की आसपास की वायु की अपेक्षा अधिक भारी होती है और वह इस अन्तर का

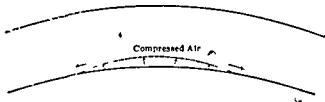



Fig 470
Flow of air from above a heated area would take place even if the surface of the air were not raised

सन्तुलन करने के लिए पार्श्वों (sides) की ओर बहती है। वायु मे, वास्तव मे, ऐसा ही होता है। यह देखा जा सकता है कि **सवाहन क्षैतिज एव ऊर्ध्वाधर दोनो ही गतियों को उत्पन्न करता है** और क्षैतिज गतिया विभिन्न स्तरो (levels) पर उत्पन्न होती हैं।

सूर्य वायुमण्डल का तापन कैसे करता है? (How the sun heats the atmosphere?)—सूर्य द्वारा वायुमण्डल का तापन दो प्रमुख विधियो से होता है (१) जब सूर्य की किरणें वायुमण्डल के मध्य से होकर आती हैं तो सूर्य द्वारा विकीर्ण ऊष्मा से वायुमण्डल गरम होता है, और (२) वायुमण्डल के नीचे स्थल एव जल सूर्य से विकीर्ण ऊष्मा का शोषण कर गरम होते है और फिर वे सूर्य की गर्मी (insolation) द्वारा प्राप्त ऊष्मा का अधिकाश भाग वायु म तथा वायु द्वारा पुन विकिरण कर देते ह। इस प्रकार विकीर्ण ऊष्मा का अधिक भाग वायु म विलीन हो जाता है और इस प्रकार वायु गरम हो जाती है।

वायु द्वारा सूर्य की प्रत्यक्ष (direct) किरणा से ली गयी ऊष्मा की मात्रा विभिन्न अक्षाशो मे भिन्न भिन्न होती है, और वह प्रधानत उस दूरी पर निर्भर होती है जो किरणें वायु म से होकर पार करती है, अर्थात् सूर्य की किरणा की उग्रता (verticality) पर। सूर्य की विभिन्न ऊँचाइयो के लिए मात्रा अग्रांकित तालिका[1] मे दिखायी गयी है

[1] Copied from Waldo's Elementary Meteorology, p 28

सूर्य की ऊँचाई	०°	५°	१०°	२०°	३०°	५०°	७०°	९०°
इकाइयों मे वायुमण्डल की मोटाई	३५·५	१०·२	५·५६	२·९०	१·९९	१·३१	१·०६	१·००
वायुमण्डल के नितल तक पहुँचने वाले सूर्य-विकिरण का अनुपात	०·००	०·०५	०·२०	०·४३	०·५६	०·६६	०·७४	०·७५

स्थल एवं जल से वायु मे विकीर्ण प्रकाशहीन ऊष्मा, सूर्य द्वारा विकीर्ण प्रकाशपूर्ण ऊष्मा की अपेक्षा वायु द्वारा अधिक शीघ्रता से ले ली जाती है, अतः सूर्य से मिलने वाली प्रत्यक्ष गरमी (direct insolation) की अपेक्षा नीचे से होने वाले विकिरण द्वारा वायुमण्डल अधिक गरम होता है। भू-विकिरण (earth radiation) एव सूर्य की गरमी (insolation) दोनो ही के द्वारा निम्नतम वायु सबसे अधिक गरम होती है, क्योंकि वह सबसे अधिक घनी होती है; और गरम हो जाने पर वह सवाहन धाराओ को उत्पन्न करती है जिनसे ऊपर की वायु गरम होती है। चूँकि सवाहन धाराओ में क्षैतिज एव उदग्र (vertical—ऊर्ध्वाधर) दोनों ही गतियाँ होती है, अत. जो प्रदेश अधिक ऊष्ण होते हैं वे अपनी ऊष्मा का कुछ भाग उन प्रदेशो को दे देते हैं जो कम ऊष्ण होते हैं।

जब कभी स्थल एव जल अपने ऊपर स्थित वायु की अपेक्षा अधिक ऊष्ण होते है तो वे वायुमण्डल को सचालन (conduction) द्वारा भी गरम बनाते है, और परिणाम यह होता है कि सवाहन (convection) आरम्भ हो जाता है। अधिक ऊष्ण वायु भी अपनी अपेक्षा शीतल वायु को ऊष्मा विकीर्ण (radiate) करती है।

स्थल एवं जल का गरम व शीतल होना (Heating and cooling of land and water)—स्थल और जल सूर्य द्वारा असमान रूप से ऊष्ण होते है। जल की अपेक्षा स्थल सूर्य की गरमी (insolation) द्वारा चार अथवा पाँच गुना अधिक शीघ्रता से ऊष्ण होता है। इसके कई कारण है :

(१) मिट्टी अथवा चट्टान की किसी निश्चित मात्रा द्वारा ऊष्मा की एक निश्चित मात्रा को लेने की क्रिया (absorption) मिट्टी अथवा चट्टान के तापमान को जल की उसी मात्रा के तापमान की अपेक्षा अधिक ऊँचा (लगभग उसके चौगुने के बराबर) उठा देता है, अर्थात् जल की आपेक्षिक ऊष्मा (specific heat) स्थल की अपेक्षा अधिक ऊँची होती है।

(२) जल एक उत्तम परावर्तक (reflector) होता है, जबकि स्थल ऐसा नही होता है। अत स्थल सूर्य की किरणो की ऊष्मा का अधिक अनुपात अपने मे लिया करता है।

(३) जल का तल स्थानीय रूप मे जैसे ही गरम हो जाता है, वैसे ही जल में संवाहन धाराएँ अथवा गतियाँ स्थापित हो जाती हैं। इस कारण किसी एक स्थान

पर अत्यधिक तापन (beating) नही हो पाता है। दूसरी ओर स्थल ठोस होने के नाते सवाहन गतियो से रहित होता है।

(४) अन्य परिस्थितियाँ समान होने पर स्थल-तल की अपेक्षा जल-तल मे वाष्पीकरण अधिक होता है और जिस तल से वाष्पीकरण होता है उसे वह शीतल बना देता है।

(५) मिट्टी और चट्टान, वास्तव मे, प्रकाश और ऊष्मा की किरणो के लिए अभेद्य (inpenetrable) है जबकि जल ऐसा नही होता है। अत सूर्य से प्राप्त होने वाली ऊष्मा आरम्भ से ही स्थल की अपेक्षा जल की अधिक गहराइयो के मध्य तक पहुँचती है और स्थल के तल तक ही अनिवार्य रूप से सीमित होने के कारण स्थल के तल का तापमान अधिक ऊँचा हो जाता है।

(६) स्थल दिन मे जल की अपेक्षा क्यो अधिक गरम हो जाता है, इसका उपर्युक्त कारणो के अतिरिक्त एक कारण यह भी है कि स्थल रात म जल की अपेक्षा अधिक शीघ्रता से शीतल[1] भी होता है। परिणाम यह होता है कि स्थल पर का तापमान जल के तापमान की अपेक्षा दिन से रात मे और ग्रीष्म से जाड़े की ऋतु म अधिक परिवर्तित होता है।

ऊष्मा का द्वितीयक वितरण (Secondary distribution of heat)—ऊष्मा के वितरण के सम्बन्ध म जो कुछ अब तक कहा गया है उससे स्पष्ट है कि पृथ्वी द्वारा सूर्य स ऊष्मा प्राप्त कर लेने के बाद वह कुछ सीमा तक फिर से वितरित होती है। दूसरी बार का यह वितरण प्रधानत सवाहन की उन गतियो द्वारा पूर्ण होता है जो वायु तथा जल, विशेषकर सागर का जल, दोनो को प्रभावित करता है। यह वायु तथा जल के उन सचालनो द्वारा भी प्रभावित होता है जो सवाहनशील नहीं है। सूर्य द्वारा प्राप्त ऊष्मा के पुनर्वितरण म समुद्री धाराओ का बडा महत्त्व है। यह अनुमान किया गया है कि उनके बिना भूमध्यरेखा का औसत तापमान अब की भाति प्राय ८०° फा० न होकर लगभग १३१° फा० हो जाएगा और ध्रुवो का अब के ०° (वार्षिक माध्यम) के स्थान पर लगभग—१०८° फा० होगा।

वायु के तापमान के विषय मे जो कुछ ऊपर कहा गया है उसका सम्बन्ध उसके निचले भाग ३ या ४ किलोमीटर (२ या ३ मील) की ऊँचाई तक से है। इस क्षेत्र के भीतर जब तापमान ऊँचाई की वृद्धि के साथ साथ कम होता है तब वह असमान रूप से कम होता है, जिसके प्रधान कारण ये है (१) नीचे के तल का अति असमान ऊष्मा का मिलना, (२) सवाहन की गतिया, और (३) तूफान की गतिया (अध्याय १६)।

वायुमण्डल के नितल से ३ या ४ मीटर (२ या ३ मील) के क्षितिज से ऊपर लगभग ६ ७ किलोमीटर (६ मील) की ऊँचाई तक निचले क्षेत्र की अपेक्षा

---

[1] शीतल होने की गति विकिरण, सचालन, आपेक्षिक ऊष्मा और वायु के सचालन की गति पर निर्भर करती है।

तापमान अत्यधिक एकरूपता से घटता है और लगभग ११ से १६ किलोमीटर (७ से १० मील) की ऊंचाई पर तापमान बहुत नीचा, —६०° से —७१° फा० तक, होता है।

समतापीय परत (The isothermal layer)—लगभग ११ किलोमीटर (५१° से ७०° अक्षांश) से लेकर लगभग १६ किलोमीटर (१० मील) तक की ऊंचाई से ऊपर तापमान ऊंचाई की वृद्धि के साथ ही साथ नीचे गिरना बन्द कर देता है। ११ से १६ कि० मी० (७ से १० मील) के इस स्तर से ऐसी ऊंचाई तक जिसका पता गुब्बारों द्वारा लगाया गया है, तापमान में इतना कम अन्तर होता है कि वायुमण्डल के उस भाग को समतापीय परत (isothermal layer) कहा गया है। इस परत के नितल पर तापमान ग्रीष्म (प्राय: —६०° फा०) की अपेक्षा जाड़ों में कुछ अधिक शीतल (लगभग —७१° फा०) रहता है और मध्य अक्षांशों की अपेक्षा निम्न अक्षांशों में स्पष्टत: अधिक शीतल रहता है। ह्म्फ्रे (Humphreys) का कथन है कि पृथ्वी के दो वायुमण्डल हैं : (१) एक निचला प्रक्षुब्ध (Low turbulent one) जिसका तापमान ऊपर की ओर घटता जाता है, जिसमें ऑक्सीजन का ⅘ से ⅘ तक भाग, नाइट्रोजन और आर्गन, CO_2 का और भी अधिक अनुपात और जलवाष्प का अधिकतम भाग रहता है, और (२) एक ऊंचा अथवा बाहरी समतापीय परत (A higher or outer one, the isothermal layer) जो पहले वाले परत के ऊपर तिरता रहता है।

इस कथन का तात्पर्य यह ज्ञात होता है कि समतापीय परत वायुमण्डल के शीर्ष तक विस्तृत है; किन्तु इस निष्कर्ष के लिए कोई प्रमाण दिखाई नहीं पड़ता है।

समतापीय परत की व्याख्या से वे लोग पूर्णतया सहमत नहीं हैं जिन्होंने इसका अध्ययन किया है और जो व्याख्याएं दी गयी हैं उनका विवेचन इस अध्याय के क्षेत्र से बाहर है।[1]

ऋतुएं
(Seasons)

अधिकांश अक्षांशों में साधारणत: चार ऋतुएं कही जाती हैं—बसन्त (Spring), ग्रीष्म (Summer), पतझड़ (Autumn), और शिशिर (Winter—जाड़ा), किन्तु एक ऋतु से दूसरी ऋतु में परिवर्तन एकदम नहीं होता है और उनकी निश्चित सीमाएं मनमाने ढंग से कही जाती हैं। संयुक्त राज्य में मार्च, अप्रैल और मई सामान्यत: बसन्त, जून, जुलाई और अगस्त ग्रीष्म; सितम्बर, अक्टूबर और नवम्बर पतझड़; तथा दिसम्बर, जनवरी और फरवरी शिशिर (जाड़े) के महीने कहे जाते हैं। परन्तु कभी-कभी बसन्त उस समय की अवधि को कहते हैं जो महाविषुव

---

[1] Milham, *Meteorology*, p. 52; Rotch, *Monthly Weather Review*, May 1908; Humphreys, *Bull. of the Mount Weather Observatory*, Vol. 2, 1909, p. 1; Dines, *Monthly Weather Review*, Vol. 43, Nov. 1915, pp. 551-56.

(vernal equinox) और कर्क संक्रांति (summer solstice) के बीच का समय है, ग्रीष्म, कर्क संक्रांति और शरद विषुव (autumnal equinox), पतझड़, शरद विषुव और मकर-संक्रांति (winter solstice), और जाड़ा, मकर-संक्रांति और महाविषुव (vernal equinox) के बीच के समय का कहा गया है। दक्षिणी गोलार्द्ध में बसन्त ऋतु उस समय होती है जब उत्तरी गोलार्द्ध में पतझड़ का समय होता है, और वहां पर ग्रीष्म ऋतु तब होती है जब हमारे यहाँ शिशिर का समय होता है, और, अन्य ऋतुओं में भी यही क्रम रहता है। उत्तरी गोलार्द्ध की कर्क संक्रांति दक्षिणी गोलार्द्ध की मकर संक्रान्ति होती है तथा उत्तरी गोलार्द्ध के महाविषुव के समय दक्षिणी गोलार्द्ध में शरद विषुव होता है।

ऋतुओं की अवधि की सीमाओं की पहली परिभाषा जो ऊपर दी गयी है, प्रधानतया तापमान पर आधारित है। बीच के अक्षांशों (समशीतोष्ण) में *सबसे अधिक गरम तीन महीने ग्रीष्म के होते हैं और जाड़े के तीन महीने सबसे अधिक ठण्डे महीने होते हैं।* ऋतु की सीमाओं की द्वितीय परिभाषा का आधार ज्योतिष के आधार पर है। कुछ देशों में ऋतुओं की सीमाओं की परिभाषाएँ और भी अन्य प्रकारों से की जाती है। हमारे अक्षांशों में ऋतुओं की धारणा मुख्य तौर पर तापमान पर आधारित है, परन्तु पृथ्वी के कुछ भागों में ऋतुओं का भेद, अंशतः अथवा अधिकांशतः भी, तापमान की अपेक्षा अन्य तत्त्वों पर आधारित है। जैसे, कुछ निम्न अक्षांशों में, जहाँ तापमान सदैव ऊँचा रहता है, आर्द्र और शुष्क ऋतुएँ ऊष्ण और शीत ऋतुओं की अपेक्षा अधिक स्पष्ट होती हैं। इसके विपरीत, ध्रुवीय प्रदेशों में यद्यपि जाड़े का तापमान ग्रीष्म के तापमान की अपेक्षा पर्याप्त नीचा होता है तथापि प्रकाश के विषय में भी एक स्पष्ट अन्तर होता है, और वहाँ गरमी की ऋतु प्रकाश की ऋतु, तथा जाड़े की ऋतु अन्धकार की ऋतु कही जाती है।

ग्रीष्म और शिशिर में अन्तर (Differences between Summer and Winter)—उत्तरी गोलार्द्ध के मध्यवर्ती अक्षांश में ग्रीष्म के उच्चतर तापमान के अतिरिक्त ग्रीष्म और शिशिर के तापमानों में कतिपय अन्य स्पष्ट अन्तर हैं। उनमें से सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण अन्तर ये हैं (१) ग्रीष्म में दिन १२ घण्टों से अधिक लम्बे होते हैं, और रातें १२ घण्टे से कम लम्बी होती हैं, जबकि शिशिर में दिन १२ घण्टों से कम होते हैं और रातें अधिक लम्बी होती हैं, ग्रीष्म में सूर्य दिन के किसी भी निश्चित समय पर जाड़े के उसी समय की अपेक्षा क्षितिज के बहुत अधिक ऊपर रहता है, जैसे कि दोपहर को। यह ऐसा ही है जैसे कि यह कहना कि जाड़े की अपेक्षा ग्रीष्म में दिन के किसी निश्चित समय पर सूर्य की किरणें कम तिरछी पड़ती हैं (चित्र ४६१)। हमारे अक्षांश में ग्रीष्म और शिशिर में अन्य अन्तर इस प्रकार हैं (२) सूर्योदय एवं सूर्यास्त की दिशा। ग्रीष्म में सूर्य पूर्वोत्तर (north of east) में निकलता है और पश्चिमोत्तर (north of west) में छिपता है। विषुवों (equinoxes) के अवसर पर सूर्य पूर्व में निकलता है और पश्चिम में छिपता है। जाड़ों में सूर्य दक्षिण पूर्व में उदय होता है और दक्षिण पश्चिम में अस्त होता है।

(४) वायु में आर्द्रता की मात्रा ऋतु के साथ-साथ परिवर्तित होती रहती है; किन्तु कुछ प्रदेशों में गरम ऋतु आर्द्र होती है जबकि अन्य प्रदेशों में शीत ऋतु आर्द्र होती है। (५) कुछ प्रदेशों में ऋतुओं के परिवर्तन के साथ-साथ पवन अपनी दिशा एवं शक्ति का परिवर्तन करती है जैसा कि बाद में बताया जाएगा। कुछ तटों पर यह अन्तिम अन्तर अत्यन्त महत्वपूर्ण है। इन दशाओं में पवन की दिशाओं का परिवर्तन तापमान के परिवर्तनों के ही कारण होता है।

हमारी ग्रीष्म ऋतु कब और क्यों होती है ? (Why we have summer when we do ?)—चूँकि पृथ्वी अपने धरातल की ऊष्मा (surface heat) का अधिकतम भाग सूर्य से प्राप्त करती है, अतः यह निष्कर्ष निकलता है कि वर्ष का वह समय जब दिन रातों की अपेक्षा अधिक लम्बे होते हैं, उस समय की अपेक्षा जब दिन रातों की अपेक्षा छोटे होते हैं, अधिक गरम होगा, क्योंकि लम्बे दिन और छोटी रातों का अर्थ यह है कि प्रतिदिन गरमी प्राप्त करने की लम्बी अवधि और शीतल होने की छोटी अवधि होती है; और छोटे दिन एवं लम्बी रातों का अर्थ यह है कि प्रतिदिन गरमी प्राप्त करने की अवधि छोटी और शीतलता प्राप्त करने की अवधि लम्बी होती है। साथ ही साथ, जब दिन लम्बे होते हैं तब सूर्य की किरणें अधिक निकट में ऊर्ध्वाधर होती हैं जैसा कि चित्र ४७१ द्वारा दिखाया गया है, अतः किरणों में गर्मी प्रदान करने की अधिक शक्ति होती है। अतः यह निष्कर्ष निकलता है कि शिशिर की अपेक्षा ग्रीष्म में भूतल केवल प्रतिदिन अधिक घण्टों तक गरम ही नहीं हो जाता है बल्कि जब तक सूर्य चमकता है तब तक प्रति घण्टा ऊष्मा की मात्रा भी अधिक होती जाती है। ये वे तत्कालीय (immediate) कारण हैं जिनसे जाड़ों की अपेक्षा ग्रीष्म ऋतु अधिक उष्ण होती है। वर्ष के एक भाग में अन्य भागों की अपेक्षा ग्रीष्म में दिन अधिक लम्बे क्यों होते हैं, इसके कारण पहले ही दिये जा चुके हैं।

ऋतु-परिवर्तन (Change of seasons)—चित्र ४६१ और ४७१ के अध्ययन से ऋतु-परिवर्तन को समझा जा सकता है। हम पहले देख चुके हैं कि (१) विषुवों (equinoxes—सम्पातों) पर सूर्य की किरणें भूमध्यरेखा पर ऊर्ध्वाधर होती हैं और तब दिन और रात सभी स्थानों पर बराबर होते हैं; (२) कर्क-संक्रान्ति (summer solstice) के अवसर पर उत्तरी गोलार्द्ध को सूर्य से अधिक ऊष्मा प्राप्त होती है, और मकर-संक्रान्ति (winter solstice) के अवसर पर कम से कम गरमी मिलती है; (३) २१ मार्च से २२ सितम्बर तक उत्तरी गोलार्द्ध में रातों की अपेक्षा दिन अधिक लम्बे होते हैं (केवल अति उच्च अक्षांशों को छोड़कर जहाँ पर एक लम्बी अवधि तक निरन्तर दिन रहता है); (४) किसी भी गोलार्द्ध में वर्ष के आधे भाग में जब रातों की अपेक्षा दिन अधिक लम्बे होते हैं, सूर्य की किरणें कम तिरछी होती हैं; और (५) दिन और रात की सापेक्ष लम्बाइयाँ और सूर्य की किरणों का कोण, प्रत्येक गोलार्द्ध में वर्ष के प्रत्येक आधे भाग में उलट जाते हैं।

चूँकि कर्क-संक्रान्ति के अवसर पर उत्तरी गोलार्द्ध सबसे अधिक गरम और मकर-संक्रान्ति के अवसर पर सबसे कम गरम होता है, अतः पहली नजर में तो ऐसा

ज्ञात होगा कि य तिथियां क्रमश ग्रीष्म और जाड की ऋतुओं का मध्य बिंदु होगी, किन्तु वास्तव म एसा नही है। अत यह निष्कष निकलता है कि किसी निश्चित अक्षाश का तापमान पूण रूप से ऊष्मा की उस मात्रा पर निभर नही है जो उस समय उसे सूय स प्राप्त हो रही होती है। दूसरी बात यह है कि दोनो गोलार्द्धों के एक ही अक्षाशो पर सूय से मिलन वाली ऊष्मा (insolation) का महत्व विषुवो के समय समान होता है, अत प्रथम दृष्टि मे यह ज्ञात होगा कि दोनो गोलार्द्धो म एक ही अक्षाशो का तापमान इन अवसरो पर समान ही होना चाहिए, किन्तु यह तथ्य भी वास्तविक नही है। उदाहरण के लिए, हमारे अपन अक्षाश (लगभग ४०° उ० अ०) पर २२ सितम्बर की अपक्षा २१ माच का दिन अधिक शीतल होता है।

हमारे अक्षाश के स्थान महाविषुव (vernal equinox) के अवसर की अपक्षा शरद-विषुव (autumnal equinox) के अवसर पर अधिक गरम क्या होते है, इसका कारण यह है कि शीघ्र ही समाप्त हुई ग्रीष्म ऋतु की ऊष्मा पूण रूप से अभी नष्ट नही हुई होती है। मिट्टी एव चट्टानें और तल का जल अब भी ग्रीष्म की कुछ ऊष्मा को रोके रखत हैं। अत इस समय उत्तरी गोलार्द्ध का तापमान उस तापमान स ऊँचा होता है जो पूणत सूय स मिलन वाली दैनिक ऊष्मा पर निभर करता है। दूसरी ओर, महाविषुव के अवसर पर तापमान उस तापमान से नीचा होता है जो उस समय मिलन वाली सूय की गरमी स उचित प्रतीत होता है, क्योकि जाडे की शीतलता उसके अभी समाप्त होन के कारण अभी सम्पूण रूप मे नष्ट नही हो पाती है। मिट्टी, तल की चट्टानें और जल अब भी, अभी समाप्त होन वाली जाडे की ऋतु का कुछ शीतलता को रोके रखत है। पतझड की ऊष्मा की अपक्षा बसन्त का शीत अपेक्षाकृत अधिक स्थायी होता है क्योकि यह कुछ अर्थो मे हिम (ice), शीन (snow) और जमी हुइ भूमि म 'सचित' (stored up) रहता है।

इसी प्रकार उत्तरी गोलार्द्ध म हमारी कक-सक्रान्ति वप का उष्णतम भाग और दक्षिणी गोलार्द्ध म सबस अधिक ठण्डा भाग नही होना है, क्योकि उत्तरी गोलार्द्ध मे ग्रीष्म की ऊष्मा बीती हुई शीतल ऋतु के प्रभाव पर पूण रूप स विजय नही कर पाती है, और दक्षिणी गोलार्द्ध मे बीती हुई ग्रीष्म की ऊष्मा अब भी शीत को कम कर रही होती है। अत अधिकतम ऊष्मा का समय अधिकतम तपाव की ऋतु के पीछे आता है। इसी प्रकार अधिकतम शीत का समय कम से कम तपाव की ऋतु के बाद स पहले नही आता है। मध्य अक्षाशो मे यह पिछडना लगभग एक मास का समय ले लेता है, परन्तु स्थल के ऊपर की अपक्षा सागर के ऊपर यह पिछडना अधिक होता है क्योकि स्थल जल की तुलना म अधिक शीघ्रता स गरम एव शीतल होता है।

अन्य अक्षाशो मे ऋतुएँ (Seasons in other latitudes)—अपन अक्षाशो की अपेक्षा अन्य अक्षाशो मे वप के उपविभागो पर ध्यान देन से इस सम्बन्ध के मूल सिद्धान्तो के समझने मे सहायता मिलेगी। उदाहरण के लिए भूमध्यरेखा पर प्रत्यक वप सूय की किरणें दो बार ऊर्ध्वाधर पडती है, अर्थात् विषुवो के अवसरो पर।

वर्ष मे दो बार सूर्य की किरणे भूमध्यरेखा से २३½° पर भी ऊर्ध्वाधर होती है, एक बार उत्तर की ओर और एक बार दक्षिण की ओर। अत भूमध्यरेखा पर ऐसी दो ऋतुएँ होती है, जो दो अन्य ऋतुओ, जो हमारे मध्य-ग्रीष्म एव मध्य-शिशिर के अवसर पर होती है, की अपेक्षा कुछ अधिक गरम होती है। भूमध्यरेखा पर तापमान मे अन्तर हमारे अपने अक्षाश की अपेक्षा बहुत कम होता है, क्योकि दिन और रात की लम्बाई कभी अलग-अलग नही होती है और सूर्य की किरणो का कोण केवल २३½° बदलता है, जबकि हमारे यहाँ मध्य अक्षाशो मे वह ४७° बदलता है। अत भूमध्यरेखा पर यद्यपि वर्ष का विभाजन चार भागो मे है, तथापि वे मध्य अक्षाशो के विभागो के साथ पर्याप्त घनिष्ठ रूप से मेल नही खाते है। विपुवो पर केन्द्रित दो विभाग एक समान होते है और वे सक्रान्तियो पर केन्द्रित दो भागो (जो आपस मे एक समान होते है) की अपेक्षा अधिक गरम होते है। यह कहा जा सकता है कि भूमध्यरेखा पर ऋतुओं के दो जोड़े है।

उच्च अक्षाशो मे दशा और भी भिन्न है। ७५° उ० अक्षाश पर ऋतुओ का क्रम सामान्यत ध्रुवीय वृत्तो के ऊपरी अक्षाशो मे होने वाली दशाओ का उदाहरण देने के लिए लिया जा सकता है। सूर्य की किरणे भूमध्यरेखा के दक्षिण १५° द० अक्षाश पर जब ऊर्ध्वाधर रहती है (*D*, **चित्र ४७१**), तब ७५° उ० अक्षाश पर दोपहर को सूर्य क्षितिज पर दिखाई देगा (*d*, **चित्र ४७१**), क्योकि यह अक्षांश उस स्थान से ९०° पर होता है जहाँ सूर्य की किरणे ऊर्ध्वाधर है। सूर्य की किरणे जब १५° द० की अपेक्षा और भी दक्षिण मे ऊर्ध्वाधर होती है तब ७५° उ० अक्षांश के स्थानो पर सूर्य की किरणे नही पडती है। जब सूर्य की किरणे १५° उ० अक्षांश पर ऊर्ध्वाधर होती है (*B*, **चित्र ४७१**), अथवा और भी अधिक उत्तर किसी अक्षाश मे ऊर्ध्वाधर रहती है (*B*, **चित्र ४७१**), अथवा और उत्तर किसी अक्षाश पर, तब ७५° उ० अक्षांश पर का कोई स्थान चौवीस घण्टो के दिन के किसी भी भाग मे अंधेरे मे नही रहेगा। जब १५° द० और १५° उ० अक्षाशो के बीच किसी अक्षांश मे सूर्य की किरणे ऊर्ध्वाधर होगी तब ७५° उ० अक्षाश का एक भाग प्रकाशित होगा और उस अक्षांश पर सभी स्थान चौवीस घण्टो के दिन की अवधि मे एक के बाद दूसरा (alternating—एकान्तर) भाग प्रकाश और अन्धकार पाते रहेगे (चित्र ४७१ के नीचे की व्याख्या देखिए)।

७५° अक्षाश मे वर्ष के प्राकृतिक रूप से चार विभाग है (१) (ग्रीष्म) जब दिन का प्रकाश निरन्तर रहता है, (२) (शिशिर या जाड़ा) जब निरन्तर अंधेरा रहता है, (३) (वसन्त) जब दिन के बाद रात और रात के बाद दिन आता है और दिन लम्बे होते है, और (४) (पतझड) जबकि दिन और रात के एकान्तरण के साथ राते लम्बी होती है। दूसरे शब्दो मे, वर्ष के इस विभाजन के अनुसार ग्रीष्म वह समय होता है जबकि सूर्य १५° उ० से २३½° उ० की ओर बढ़ता हुआ और पुन. १४° उ० की ओर लौटता हुआ प्रतीत होता है (*B to A*, **चित्र ४७१**)। पतझड़ वह समय होता है जब सूर्य उस स्थिति से, जहाँ कि इसकी किरणे

१५° उ० पर ऊर्ध्वाधर होती हैं, उस स्थिति मे जाता हुआ प्रतीत होता है जहा कि इसकी किरणे १५° द० पर उध्वाधर होती है (*B to D*)। शिशिर वह समय हाता है जबकि सूय १५° द० स २३½° द० को जाता हुआ (*D to E*) और पुन १५° द० की ओर आता हुआ प्रतीत होता है, और वसत वह समय होता है जबकि सूय १५° द० से १५° उ० (*D to B*) का आता हुआ प्रतीत होता है।

यह देखा जा सकता है कि इस प्रकार स की गयी परिभाजायुक्त अनेक ऋतुआ की लम्बाइया एक ही नही है। ७५° अक्षाश पर ग्रीष्म ऋतु उतनी लम्बी हागी जितनी शिशिर की ऋतु और वसन्त की ऋतु उतनी लम्बी हागी जितनी कि पतझड की ऋतु, किन्तु वसन्त और पतझड ग्रीष्म और शिशिर से लगभग दा गुनी लम्बी हागी क्योकि वसन्त और पतझड मे से प्रत्यक म सूर्य ३०° चलता है और ग्रीष्म और शिशिर मे से प्रत्येक ऋतु मे वह केवल १७° ही चलता है। इतना ही नहीं, वरन् कई ऋतुआ की लम्बाइया अक्षाश के साथ साथ बदल जाएँगी। ७५° अक्षाश की अपक्षा ८५° अक्षाश पर ग्रीष्म और शिशिर अधिक लम्बी होगी और वसत एव पतझड उसी के अनुसार छोटी हागी।

एक प्रचलित विचार यह है कि ध्रुवीय प्रदशा म प्रति वप छ महीन का एक दिन और छ महीने की रात हाती है, किन्तु उपर तथा इसस पहले जो कुछ कहा गया है उससे यह प्रकट हा जाएगा कि यह धारणा सही नही है। छ महीने का दिन और छ महीने की रात केवल ध्रुवो पर ही हात हैं।

सूय की विभिन्न दूरियो का प्रभाव (Effect of varying distance of the sun)—चूकि पृथ्वी की कक्ष एक दीघवृत्त (ellipse) है, अत सूय से पृथ्वी की दूरी वप मे बदलती रहती है। इस कारण से पृथ्वी प्रतिदिन ऊष्मा की जो माता प्राप्त करती है वह कुछ बदलती रहती है। ऊष्मा उस समय अधिक होती है जबकि पृथ्वी सूय के अधिक समीप हाती है और उस समय कुछ कम हो जाती है जबकि पृथ्वी सूय से अधिक दूरी पर हाती है। किन्तु पृथ्वी की सूय म बदलती हुई दूरी के कारण पृथ्वी द्वारा प्राप्त ऊष्मा की माता म हान वाल परिवर्तन अपक्षाकृत न के तुल्य महत्त्व के है। वतमान समय म उत्तरी गालाद्ध मे ग्रीष्म की ऋतु तब होती है जबकि पृथ्वी सूय स अधिकतम दूरी पर होती है (अपसौरिका—aphelion), और शिशिर ऋतु तब होती है जबकि पृथ्वी सूय के निकटतम हाती है (उपसौरिका—perihelion)। इसके विपरीत दक्षिणी गोलाद्ध मे ग्रीष्म ऋतु तब हाती है जबकि पृथ्वी सूय के निकटतम रहती है और शिशिर की ऋतु तब होती है जबकि पृथ्वी सूय स अधिकतम दूरी पर हाती है। प्रत्यक १०,५०० वर्षों म वस्तुओ की यह दशा विपरीत हो जाती है। वतमान समय मे उत्तरी गोलाद्ध अपनी कक सक्राति के अवसर पर एक दिन मे सूय से जितनी ऊष्मा प्राप्त करता है उसकी अपक्षा दक्षिणी गालाद्ध उत्तरी गोलाद्ध की मकर सक्रान्ति के अवसर पर कुछ अधिक ऊष्मा सूय स एक दिन मे प्राप्त करता है।

तापमान पर ऊँचाई का प्रभाव (Effect of altitude on temperature)—कम ऊँचाई की अपक्षा ऊँची ऊँचाई (high altitudes) अधिक शीतल होती है

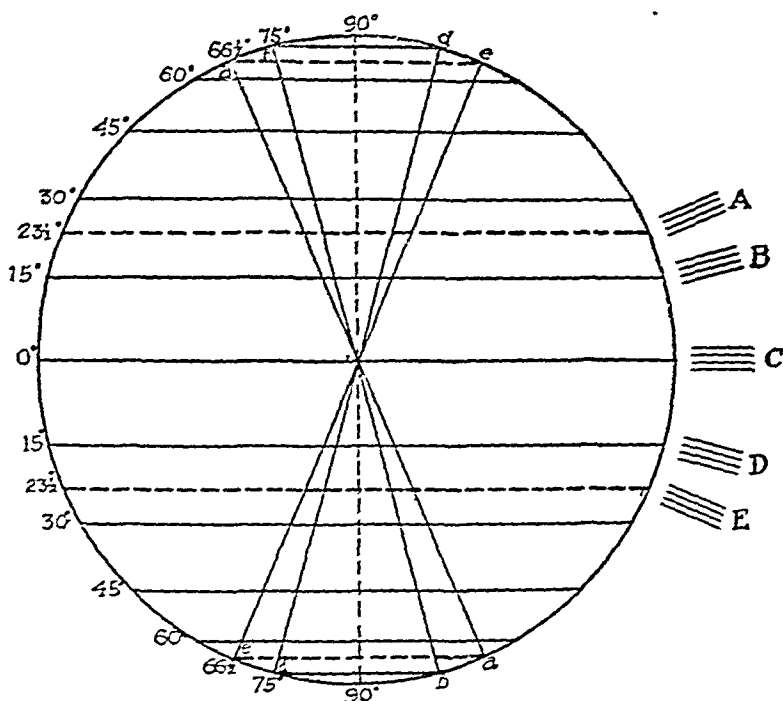



Fig. 471

Diagram to illustrate seasons in latitude 75°. When the sun's rays are vertical at *C*, the circle of illumination is represented by the line 90°–90°. The half of each parallel of 75° is then illuminated, and days and nights on that parallel are therefore equal. The same is true of all other latitudes When the sun's rays are vertical at *B*, in latitude 15° N, the circle of illumination is represented by *b-b*, the whole of the parallel of 75° N is illuminated, and daylight is continuous throughout the twenty-four hours No part of the parallel of 75° S is illuminated at this time, and on that parallel darkness is continuous When the sun is vertical at *A*, in latitude 23½° N, the circle of illumination is represented by *a-a*. While the sun appears to move from position *B* to position *A* and back again to *B*, the parallel of 75° N. is continuously illuminated, while the parallel of 75° S. at the same time is continuously in darkness When the sun appears to move from the position where its rays are vertical at *B* to the position where its rays are vertical at *D*, a part of each parallel of 75° is illuminated, and during this time, therefore, there is light and darkness in the course of the twenty-four hours. When the sun's rays are vertical between *B* and *C*, more than half of the parallel of 75° N. is illuminated, and less than half of the parallel of 75° S. When the sun is vertical at *C* the half of each parallel of 75° (and of all other parallels) is illuminated, and days and nights are equal. While the sun appears to be passing from *C* to *D* less than half of the parallel of 75° N is illuminated, and more than half of the parallel of 75° S During this time, therefore, nights are longer than days in latitude 75° N, and days are longer than nights in latitude 75° S. When the sun is in a position where its rays are vertical at *D*, the circle of illumination is *d-d*. At this time all of the parallel of 75° N is in darkness, and all of the parallel of 75° S is in light. This condition continues while the sun appears to move on from the position where its rays are vertical at *D* to the position where its rays are vertical at *E*, and back again.

और वायुमण्डल के निचले भाग म तापमान की गिरावट की औसत दर लगभग १०० मीटर के चढाव के लिए १° फा० और १६५ मीटर के लिए १° सेण्टीग्रेड है। यह उन ऊँचाइयो के लिए है जहाँ निरीक्षण की क्रियाएँ सामान्य है। परन्तु ऊँचाई के साथ साथ तापमान की गिरावट, विशेष रूप से नीचे के स्थल अथवा जल के तल के तापमान द्वारा प्रभावित होकर, समय समय और स्थान स्थान पर बदलती रहती है। जहा स्थल अथवा जल आष्ण (warm) होता है वहाँ वायुमण्डल के नितल पर तापमान की गिरावट की दर पहले ३० मीटर अथवा उसके आसपास के चढाव के लिए अत्यधिक तीव्र होती है। वायु म लगभग १६½ मीटर (एक मील) के चढाव का अर्थ तापमान की गिरावट के विषय म लगभग वही है जो ध्रुव की दिशा म लगभग १२६० किलामीटर (८०० मील) जान पर होता है।

जब वायु ऊपर को उठती है तब वह फैलने लगती है क्योकि उसके ऊपर की वायु का भार उसको दबाने के लिए कम हो जाता है, और जब कोई गैस फैलती है तो वह शीतल भी होने लगती है और जब वह दबायी जाती है तो गरम होने लगती है। शुष्क वायु प्रत्येक लगभग ५६ मीटर (१८३ फुट) के चढाव के लिए लगभग १° फा० शीतल हो जानी चाहिए (और १०० मीटर के लिए १° सेण्टीग्रेड)। आर्द्र वायु विस्तार के साथ अति कम तीव्रता से शीतल होती है जिसके कारण बाद म ज्ञात होगे। इसके विपरीत, जब वायु नीचे को उतरती है तो वह गरम और अधिक घनी होती जाती है।

ऊँची ऊँचाइया नीची ऊँचाइयो की अपेक्षा अधिक ठण्डी होती है। इसका मुख्य कारण यह है कि ऊपर वायु कम घनी होती है, किन्तु पृथक ऊँचाइयो के उदाहरणो मे उनके शीतल होने का कारण यह भी होता है कि वे पूर्ण रूप से खुली हुई होती है। कम घनी वायु (अ) सूर्य की सीधी (प्रत्यक्ष—direct) किरणो से कम ऊष्मा का ग्रहण करती है, इसका मुख्य कारण यह है कि उसमे कार्बन डाइ ऑक्साइड, जलवाष्प और धूल की मात्रा कम होती है, और (आ) कम घनी होने के कारण नीचे के तल से आने वाली ऊष्मा को रोक सकने म कम समर्थ होती है।

ग्रीष्म ऋतु मे धूप के दिनो मे, नगे तलो वाले पर्वतो के धूप वाले पार्श्व (sides) हिम से रहित होने के कारण अति उष्ण हो जाते है। यदि वायु, उष्ण शैल के तल के सम्पर्क मे अधिक समय तक रहे तो वह विशेष रूप से गरम हो जाएगी, *किन्तु वह नियम के अनुसार, विशेषकर उन पृथक ऊँचाइयो के आसपास जिनकी* ऊँचाइया उल्लेखनीय होती है, शीघ्र ही आगे को बढ जाती है। अत अन्य और अपेक्षाकृत शीतल वायु द्वारा हटायी जाने म पहले वह नाममात्र को ही गरम हो पाती है। अत उच्च पर्वतो के धूपदार पार्श्वो पर शैल के तलो और ऊपर की वायु के तापमान म बहुत अन्तर हो सकते है।

इसके विपरीत, पर्वतो पर अनेक दिन ऐसे भी हो सकते है जबकि बादल छाये रहे और वे शिलाओ को धूप (सूर्य) से बचाते रहे। इससे नीचे स्थलो के तापमान की तुलना म पर्वतो पर का **औसत** तापमान कम हो जाता है।

साथ ही साथ, जो पर्वत बहुत ऊँचे हैं और इतने ढालू भी नहीं हैं कि वर्ष भर हिम को न रोक सकें, वहाँ उनके तल ३२° फा० के तापमान से ऊपर कभी भी ओष्ण (warmed) नहीं हो पाते हैं। लगभग १२ किलोमीटर (७ मील) की ऊँचाई तक गुब्बारों द्वारा तापमान का निरीक्षण किया गया है। मौसम सूचक गुब्बारे लगभग २६ किलोमीटर (१६ मील) की ऊँचाइयों तक ऊपर गये हैं। ऐसे तापमापकों द्वारा जो स्वयं लेखा करते हैं (self-registering thermometers), इसी उद्देश्य से ऊपर भेजे गये मौसम सूचक गुब्बारों (sounding baloons) में —७०° फा० के तापमान बार-बार अंकित किये गये हैं। एक बार १४,५०८ मीटर (४७,६०० फुट) की ऊँचाई पर —६०° फा० का तापमान अंकित किया गया था। इस विशेष स्थिति में लगभग २,००० मीटर (६,५०० फुट) और ऊपर १६,४६० मीटर (५४,१०० फुट) पर —७२° फा० का तापमान पाया गया था। ऊँची ऊँचाइयों पर स्वतन्त्र वायु में तापमान उसी ऊँचाई पर पर्वतों के तापमान की अपेक्षा बार-बार कम पाया गया है।

यह ध्यान रखना है कि ऊँची ऊँचाइयों पर स्थल के तल सूर्य द्वारा बिलकुल उतने ही प्रभावपूर्ण ढंग से गरम किये जा सकते हैं जितने कि नीची ऊँचाइयों के स्थल के तल किये जा सकते हैं। इस तथ्य की सत्यता उन उच्च पर्वतीय प्रदेशों में होने वाले परिचित अनुभवों से सिद्ध है जहाँ वायु के शीतल रहने पर भी शैल-तल अति ओष्ण (warm) हो सकता है। एक ऐसा पर्वत-तल, जैसा कि चित्र ४७२ में दिखाया गया है, एक सपाट तल की अपेक्षा सूर्य की किरणों को अत्यधिक लम्बवत् रूप से प्राप्त कर सकता है। जब तक सूर्य चमकता रहता है, शिला भी उसी के अनुसार गरम होती रहती है; किन्तु जैसे ही सूर्यास्त होता है वैसे ही गरम चट्टान का तल शीघ्रता से शीतल होने लगता है और रात में अधिक नीचे के स्थल के तल की अपेक्षा अधिक शीतल हो सकता है।

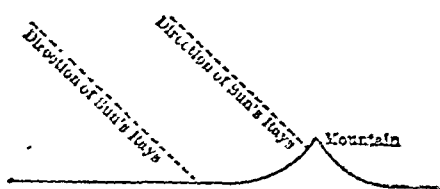



Fig. 472

Diagram to show that the sun's rays may fall less obliquely on a mountain slope than on a plain adjacent. Under these circumstances they have greater heating power, so far as the surface of the land is concerned, on the mountain than on the plain.

यह ध्यान रखने की बात है कि पर्वतों के केवल भूमध्यरेखा की ओर के पार्श्व (उत्तरी गोलार्द्ध में दक्षिणी पार्श्व और दक्षिणी गोलार्द्ध में उत्तरी पार्श्व) किसी सपाट तल की अपेक्षा सूर्य की किरणों को अधिक लम्बवत् रूप से प्राप्त करते हैं। पर्वतों के ध्रुव की ओर के ढाल (उष्ण कटिबन्धीय अक्षांशों से बाहर और कभी-कभी उनके भीतर) सपाट तलों की अपेक्षा सूर्य की किरणों को कहीं अधिक तिरछे रूप में प्राप्त करते हैं और वे प्रतिदिन उनको कम घण्टों तक प्राप्त करते हैं। इसके कारण **पर्वतीय प्रदेशों का औसत तापमान कम हो जाया करता है।**

मानचित्र मे तापमान का प्रदर्शन (Representation of Temperature on Maps)

पृथ्वी के ऊपर तापमान का वितरण और तापमान एव उसके परिवर्तनो से सम्बन्धित विभिन्न अन्य तथ्य तापीय मानचित्रो अथवा रेखाचित्रो (thermal maps or charts) द्वारा प्रदर्शित किये जाते हैं। वे जिस सिद्धान्त पर बनाये जाते है, वह सरल है।

समताप रेखाएँ (Isotherms)—भूतल पर समान तापमान रखने वाले बिन्दुओं (स्थानो) को मिलाती हुई एक कल्पित रेखा खींची जा सकती है। ऐसी रेखा को **समताप रेखा** कहते है। वर्ष भर समान औसत तापमान रखने वाले स्थानो को मिलाने वाली समताप रेखा एक **वार्षिक समताप रेखा** (annual isotherm) कहलाती है। ग्रीष्म म समान तापमान वाले अथवा शिशिर मे समान तापमान वाले स्थानो को मिलाने वाली समताप रेखा एक **ऋतु सम्बन्धी** (seasonal) **समताप रेखा** कहलाती है। इसी प्रकार से मासिक दैनिक इत्यादि समताप रेखाएँ हो सकती हैं। कोई मानचित्र जिसम वार्षिक, ऋतु सम्बन्धी, मासिक, अथवा दैनिक समताप रेखाओ का वितरण दिखाया गया हो, समतापीय मानचित्र अथवा रेखाचित्र (isothermal map or chart) कहा जाता है। पृथ्वी के चारो ओर उच्चतम तापमान की रेखा **तापीय भूमध्यरेखा** (thermal equator) कहलाती है। यह रेखा सीधी नही होती है और सामान्य रूप म भौगोलिक भूमध्यरेखा (geographic equator) के कुछ उत्तर म स्थित होती है।

समतापीय रेखाचित्र (Isothermal charts)—**चित्र ४७३** म वार्षिक समताप रेखाएँ दिखायी गयी हैं। ८०° की समताप रेखा उष्ण कटिबन्धीय प्रदेश म पर्याप्त क्षेत्र को घेरे हुए दिखायी गयी है जो दोनो अमरीकाओ से पूरब की ओर उत्तरी आस्ट्रेलिया तक फैला हुआ है। यह समताप रेखा प्रकट करती है कि इसके भीतर घिरे हुए सभी स्थानो का औसत तापमान ८०° से अधिक है। ७०° की दो समताप रेखाएँ है। एक भूमध्यरेखा स उत्तर, और दूसरी उसके दक्षिण म है। ७०° और ८०° की समताप रेखाओ के मध्य के सभी स्थानो का औसत वार्षिक तापमान ७०° से अधिक और ८०° से कम रहता है। प्रशान्त महासागर मे ७०° की दो समताप रेखाओ के मध्य सभी स्थानो का तापमान ७०° से अधिक और ८०° से कम रहता है। मानचित्र मे ५०° की भी दो समताप रेखाएँ दिखायी गयी हैं, एक उत्तरी गोलार्द्ध मे और दूसरी दक्षिणी गोलार्द्ध मे। ५०° और ७०° की समताप रेखाओ के बीच के सभी स्थानो का औसत तापमान इन सीमाओ के भीतर ही रहता है। किसी भी गोलार्द्ध मे इन कटिबन्धो का अधिक ऊष्ण भाग (warm portion) उच्चतर समताप रेखा के निकट का भाग है, अर्थात भूम यरेखा के अति निकट।

रेखाचित्र इस सामान्य तथ्य को प्रकट करता है कि भूमध्यरेखीय प्रदेशो मे तापमान ऊँचा रहता है और ध्रुवो की ओर नीचा होता जाता है। यह तथ्य यह प्रकट करता है कि समताप रेखाओ और अक्षाशो मे सम्बन्ध है। इस सम्बन्ध का कारण पहले ही बताया जा चुका है।

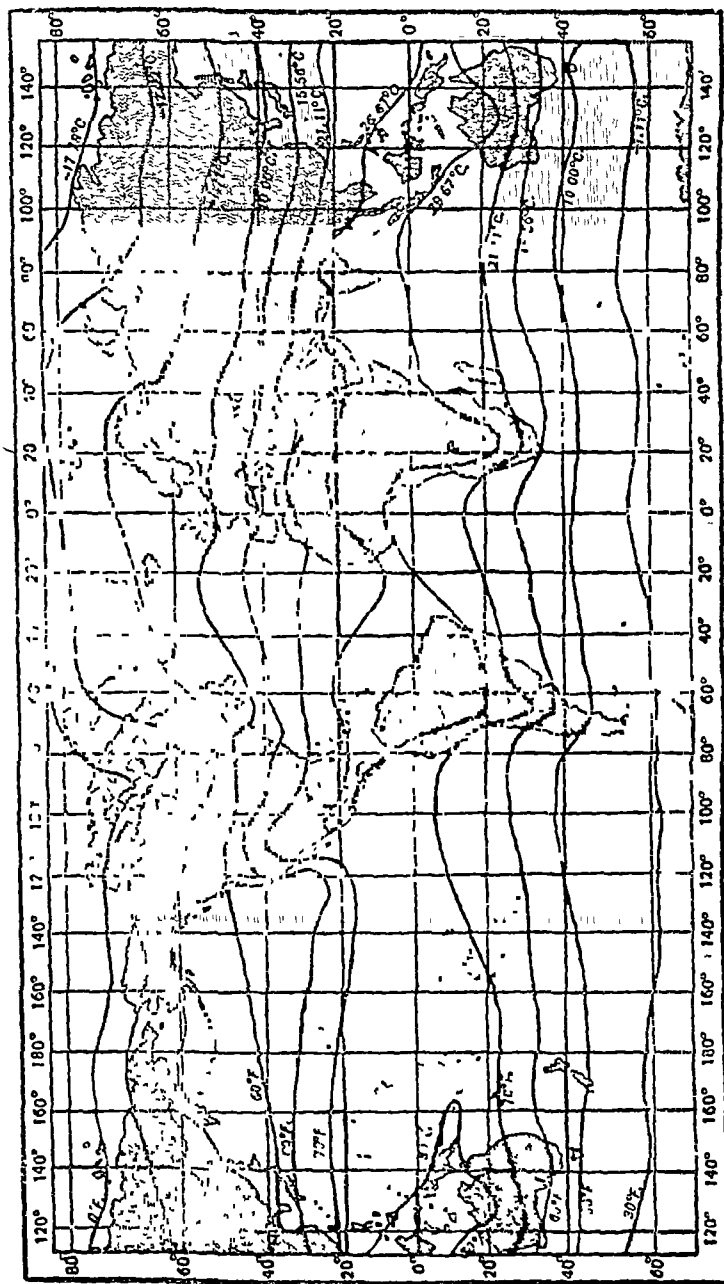



Fig. 473.—Average annual temperature. (After Buchan,)

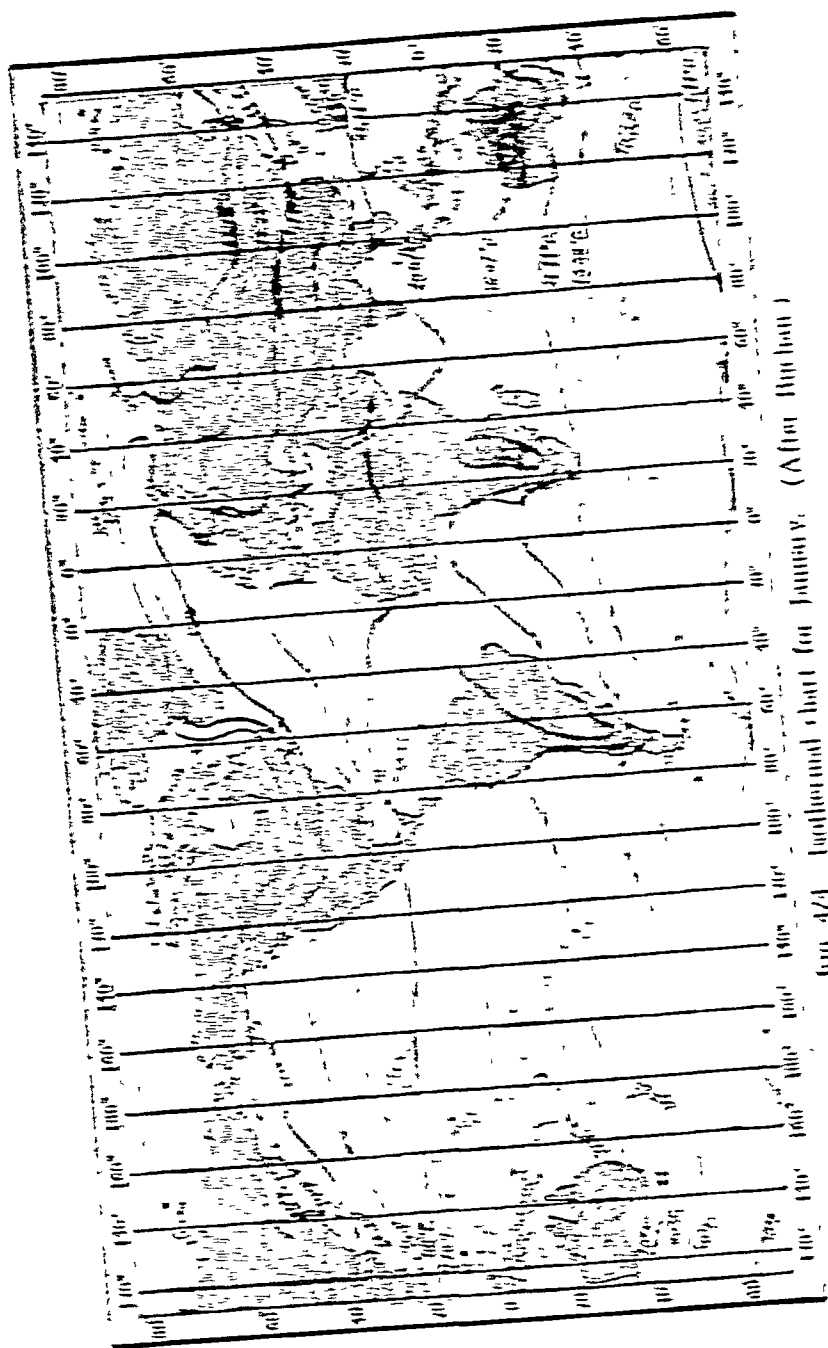



FIG. 474. Isothermal chart for January. (After Buchan.)

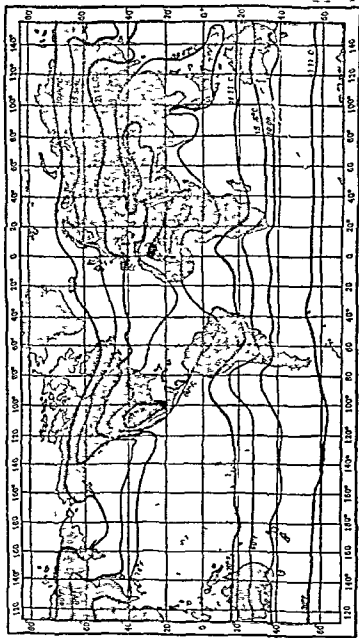



FIG 475—Isothermal chart for July (After Buchan)

चित्र ४७४ जनवरी की समताप रेखाओं को प्रदर्शित करता है। पिछले मान-चित्र के साथ इसकी तुलना करने पर इससे प्रकट होता है कि उच्चतम तापमान का कटिबन्ध और समस्त तापरेखाएँ दक्षिण की ओर खिसक गयी हैं। यह तथ्य कि इस ऋतु में सूर्य भूमध्यरेखा के कुछ दूर दक्षिण की ओर ऊर्ध्वाधर चमक रहा है, इस परिवर्तन के लिए एक पर्याप्त कारण प्रतीत होता है। इस निष्कर्ष की परीक्षा जुलाई के समताप रेखा चित्र (चित्र ४७५) के द्वारा की जा सकती है, क्योंकि यदि निष्कर्ष सही है तो तापीय भूमध्यरेखा (the thermal equator) और समस्त समताप रेखाएँ इसमें (चित्र ४७३ अथवा ४७४) की अपेक्षा अधिक उत्तर की ओर पायी जानी चाहिए। चित्र ४७५ सिद्ध करता है कि वास्तविकता यही है।

चित्र ४७४ से प्रकट है कि जनवरी में तापीय भूमध्यरेखा (thermal equator) अधिकांशत. भौगोलिक भूमध्यरेखा (geographic equator) के दक्षिण में है, और चित्र ४७५ से प्रकट है कि तापीय भूमध्यरेखा जुलाई में भौगोलिक भूमध्य-रेखा के पूर्णत. उत्तर में है। प्रथम दशा मे यह दक्षिणी अफ्रीका में (लगभग) २०° द० अक्षांश मे है और दूसरी दशा में दक्षिणी-पश्चिमी एशिया मे (लगभग) ४०° उ० अक्षांश मे है। दोनो ही रेखाचित्रों मे यह समुद्र की अपेक्षा स्थल पर भूमध्यरेखा से अधिक दूर है। अफ्रीका में पूरी तापीय भूमध्यरेखा जनवरी की अपेक्षा जुलाई मे ४०° अधिक उत्तर में है और दोनों अमरीकाओ में यह स्थानान्तरण और भी अधिक है।

चित्र ४७४ और ४७५ की तुलना से ज्ञात होता है कि जनवरी और जुलाई के बीच का तापान्तर निचले अक्षांशो की अपेक्षा उच्च अक्षांशों में अधिक है। जैसे हडसन की खाड़ी के दक्षिण में यह ८०° है; मौण्ट्रियल मे लगभग ५०°; फ्लोरिडा में ३०° मे कम; और भूमध्यरेखा पर दक्षिणी अमरीका मे १०° कम। उन्ही रेखा-चित्रों से यह भी विदित होता है कि एक ही अक्षांश मे समुद्र के ऊपर अथवा तटों की अपेक्षा महाद्वीपो के भोतरी भागों मे तापान्तर अधिक है।

अक्षांशो पर वायुमण्डलीय तापमान का सामान्य वितरण चित्र ४७६ मे दिखाया गया है।

समताप रेखाओं की स्थितियाँ और उनके मार्ग (The positions and courses of isotherms)—(१) समताप रेखाओ और अक्षांशो के बीच के सम्बन्ध का संकेत इस घटना से होता है कि समताप रेखाओं की सामान्य दिशा पूर्व से पश्चिम को होती है। उनमे से कुछ स्पष्ट रूप मे अनियमित है, किन्तु उनमें से कोई भी किसी पर्याप्त दूरी तक उत्तर-दक्षिण अथवा लगभग उत्तर-दक्षिण नही चलती है। उनमे से कुछ का मार्ग लगभग सीधा पूर्व-पश्चिम है, और सम्पूर्ण रूप मे यह दिशा उनकी सामान्य दिशा है। किन्तु समताप रेखाएँ अक्षाशो का ठीक-ठीक अनुसरण नही करती हैं, अतः यह स्पष्ट है कि उनकी दिशा को निश्चित करने वाला कारक (agent) केवल अक्षांश ही नही है। अतएव दिन की लम्बाई और सूर्य की किरणो के कोण के अतिरिक्त कुछ अन्य कारण अथवा कई एक कारणो का प्रभाव

तापमान पर अवश्य होना चाहिए जिससे समताप रेखाओं की स्थिति प्रभावित होती है।

(२) चित्र ४७३, ४७४ और ४७५ से यह देखा जाता है कि समताप रेखाएँ वहाँ पर अधिक निकटता से सीधी हैं जहाँ पर स्थल की मात्रा कम से कम है, और

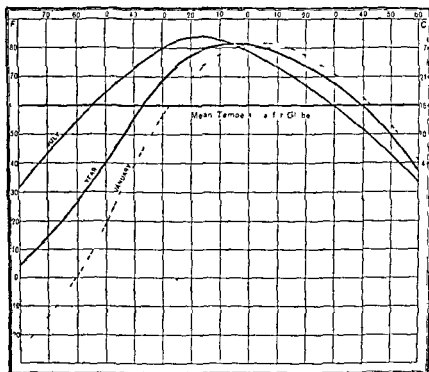



Fig 476

Figure showing distribution of atmospheric temperature in latitude for the year, for January and for July, also the mean temperature of the year for the globe The figures at the left are Fahrenheit, those at the right Centigrade The numbers at the top represent degrees of latitude

वहाँ अधिक टेढ़ी हैं जहाँ स्थल अधिक है। इससे यह संकेत मिलता है कि उनकी स्थितियों में स्थल और जल का कुछ हाथ है। इस विचार का अनुसरण करते हुए यह ध्यान रखना है कि जनवरी के रेखाचित्र में ६०° की समताप रेखा से घिरा हुआ एक क्षेत्र दक्षिणी अफ्रीका में और दूसरा उत्तरी आस्ट्रेलिया में है। ये दोनों ही क्षेत्र स्थल पर हैं और उनकी समानता का कोई क्षेत्र समुद्र के ऊपर नहीं है। यह भी ध्यान रखना है कि वे क्षेत्र जहाँ तापमान ८०° से ऊपर है, स्थल पर ही अधिक विस्तृत हैं, और खुले समुद्र की अपेक्षा स्थल के समीप में अधिक विस्तृत हैं, और साथ ही यह भी ध्यान रखना है कि सबसे अधिक चौड़े महासागर में कोई ऐसा क्षेत्र नहीं

है जहाँ जनवरी का तापमान ८०° का औसत प्राप्त करता हो। इन सभी तथ्यों से यह निष्कर्ष पुष्ट होता है कि समुद्र और स्थल समताप रेखाओ की स्थितियो को प्रभावित करते है।

इस विचार का और भी आगे तक अनुसरण करते हुए यह देखा जाता है कि **मानचित्र ४७४** की कुछ समताप रेखाएँ जल से स्थल को जाते समय कुछ अचानक झुक जाती है अथवा इसके विपरीत स्थल से जल की ओर जाते समय झुक जाती है। उदाहरण के लिए ४०° की समताप रेखा उत्तरी गोलार्द्ध मे उत्तरी अमरीका के पश्चिमी किनारे पर यूरोप के तट पर अचानक ही दक्षिण को घूम जाती है। दक्षिणी गोलार्द्ध मे ८०° और ७०° की समताप रेखाएँ अफ्रीका के पश्चिमी तट पर और दक्षिणी अमरीका के पश्चिमी तट पर अथवा उसके निकट अचानक मोड लेती है। इससे इस निष्कर्ष की पुष्टि होती है कि समताप रेखाओ की स्थिति के साथ स्थल एव जल का सम्बन्ध कुछ लगाव रखता है। यह बाद मे देखा जाएगा कि यहाँ पर जिन समताप रेखाओं का वर्णन किया गया है उनके विचित्र मार्गो को निर्धारित करने मे सागर की धाराएँ सहायक होती है।

जहाँ तक **रेखाचित्र ४७४** का सम्बन्ध है, यह देखा जाएगा कि भूमध्यरेखा के दक्षिण की समताप रेखाएँ पश्चिम से पूर्व को जाते समय स्थल पर ध्रुव की ओर को झुकती है जबकि भूमध्यरेखा के उत्तर की समताप रेखाएँ भूमध्यरेखा की ओर को झुकती है।

स्थल और जल सूर्य की किरणो द्वारा अति असमान रूप से प्रभावित होते है। ग्रीष्म मे जल की अपेक्षा स्थल अधिक शीघ्रता से तपता है और इसलिए अधिक गरम हो जाता है। स्थल समुद्र की अपेक्षा अपनी गरमी को भी अति शीघ्रता से निकाल देता है और जाडे मे अधिक शीतल हो जाता है। यह तथ्य, कि कोई समताप रेखा, जैसे कि उत्तरी गोलार्द्ध मे ४०° की जनवरी की समताप रेखा, उत्तरी महाद्वीपो को पार करने मे भूमध्यरेखा की ओर झुकती है, प्रकट करता है कि उसी अक्षाश मे जल की अपेक्षा स्थल अधिक शीतल है क्योकि समताप रेखा महाद्वीप को पार करते समय भूमध्यरेखा की ओर वही तापमान प्राप्त करने के लिए झुकती है जो इसका जल के ऊपर था। इसके विपरीत, दक्षिणी गोलार्द्ध मे जहाँ ग्रीष्म ऋतु है, उसी अश वाली समताप रेखा स्थल पर पहुँचने पर ध्रुव की ओर उसी तापमान को प्राप्त करने के लिए झुकती है जो समुद्र का है।

ये सब प्राकृतिक घटनाएँ स्पष्ट रूप से सकेत करती हैं कि समताप रेखाओं को अक्षाशो से विचलित करने मे स्थल और समुद्र की स्थिति अवश्य ही कुछ कारण बनती है।

यदि अब तक का कहा गया निष्कर्ष सही है तो जुलाई की समताप रेखाओ को जनवरी की समताप रेखाओ के विपरीत होना चाहिए, और उत्तरी गोलार्द्ध मे महाद्वीपो पर ध्रुव की ओर मुडना चाहिए तथा दक्षिणी गोलार्द्ध मे भूमध्यरेखा की ओर। **चित्र ४७५** मे, जो जुलाई की समताप रेखाओ को दिखाता है, यह देखा जाता

है कि उत्तरी अमरीका को पार करने वाली प्रत्येक समताप रेखा स्थल पर ध्रुव की ओर मुडती है जबकि दक्षिणी महाद्वीपा को पार करने वाली रेखाएँ भूमध्यरेखा की ओर का मुडती हैं। कारण यह है कि यह वह ऋतु है जबकि उत्तरी गोलार्द्ध के स्थल उसी अक्षाश के समुद्रा की अपेक्षा अधिक गरम है और जब दक्षिणी गोलार्द्ध के स्थल अपने पास-पडोस के समुद्रो की अपेक्षा अधिक शीतल है।

यह देखा जाएगा कि जुलाई मे उत्तरी गोलार्द्ध की समताप रेखाओं की अनियमिनताएँ जनवरी मे दक्षिणी गोलार्द्ध की समताप रेखाओं की अपेक्षा अत्यधिक है। सम्भवत इसका कारण यह है कि दक्षिणी गोलार्द्ध की अपेक्षा उत्तरी गोलार्द्ध म स्थल की मात्रा अत्यधिक है और समताप रेखाओ के ऊपर छोटे स्थल-खण्डो की अपेक्षा बडे स्थल-खण्ड अधिक प्रभाव डालते हैं।

ये तथ्य इस विश्वास की पुष्टि करते हुए ज्ञात होते है कि स्थल और जल, समताप रेखाओ की स्थिति को प्रभावित करते है, किन्तु क्या स्थल और जल का वितरण समताप रेखाओं की समस्त अनियमितताओ का कारण है ?

यदि अक्षाशा मे समताप रेखाओ के हटने मे स्थल और जल का असमान तापन ही एकमात्र कारण होता तो समताप रेखाओ का मोड महाद्वीपा के पूर्वी तटा पर उतना ही स्पष्ट होना चाहिए था जितना कि उनके पश्चिमी तटो पर। किन्तु यह वास्तविकता नही है जैसा कि चित्र ४७३ और ४७४ द्वारा दिखाया गया है। साथ ही साथ, उत्तरी अमरीका के पश्चिमी तट के निकट ५०° जनवरी की समताप रेखा मुख्यत स्थल पर मुडती है, तट पर नही। महाद्वीप के पूर्वी भाग म ३०° की समताप रखा का मोड मुख्यत समुद्र पर है, तट पर नही। अन्य समताप रेखाओ के भाग भी इसके समान है। अत हम परिणाम निकालते है कि यद्यपि समताप रेखाओ की अनियमितताओ मे स्थल और जल का बहुत अधिक हाथ है, तथापि इसमे अन्य कारण भी निहित (involved) है।

(३) अभी-अभी कही गयी विचित्रताओ की आशिक व्याख्या पवनो द्वारा दी जा सकती है। उत्तरी अमरीका के मध्य अक्षाशा मे प्रचलित पवने (prevailing winds) पश्चिम से आती हैं, और पछुआ हवाएँ समुद्र के तापमान (शिशिर म अधिक ओष्ण—warm) को महाद्वीप के पश्चिमी भाग म स्थल के ऊपर तक ले जाया करती हैं और स्थल के तापमान (शिशिर मे अधिक शीतल) को उसके पूर्वी भाग म समुद्र के ऊपर तक ले जाती है। इससे जनवरी मे उत्तरी गोलार्द्ध म ३०° और ५०° की समताप रेखाओ के मोडो की आशिक व्याख्या प्राप्त होती हुई ज्ञात होती है, किन्तु इससे उत्तरी अटलाण्टिक महासागर के पूर्वी भाग के ऊपर ३०° की समताप रेखा का आश्चर्यजनक उत्तरी फन्दा और प्रशान्त महासागर के उसी भाग के ऊपर का छोटा फन्दा, स्पष्ट नही हो पाते है।

पवनो के प्रभाव के अन्य उदाहरण सयुक्त राज्य के पश्चिमी तट द्वारा मिलते हैं। जैसे कि जुलाई मे (चित्र ४७५) उत्तरी गोलार्द्ध का स्थल समुद्र की अपेक्षा अधिक गरम है और समुद्र का शीतल तापमान स्थल के ऊपर तक ले जाया जाता

है। अत. पवनें इस तथ्य को स्पष्ट करती है कि यहाँ पर समताप रेखाओं के मोड़ समुद्र पर अथवा तट पर न होकर स्थल पर क्यों है।

सामान्यत. समताप रेखाओ की स्थिति पर स्थल और समुद्र के प्रभाव की अपेक्षा पवनों का प्रभाव इन रेखाचित्रो से कम स्पष्ट होता है। ऐसा अंशत:(partly) इस कारण से होता है कि पवन अस्थायी होती है और उनका एक समय का प्रभाव उनके दूसरे समय के प्रभाव को मिटा देता है; अत: मानचित्र केवल औसतो को ही दिखाते है।

(४) जनवरी में उत्तरी अटलाण्टिक के ऊपर ४०° की समताप रेखा में महान मोड़ स्थल और जल के सम्वन्धो द्वारा अथवा पवनों द्वारा स्पष्ट नही होता है। यह उत्तर-पूर्व की ओर वहने वाली महासागरीय जल की एक ओष्ण (warm) धारा के कारण है, जो समताप रेखा के स्पष्ट फन्दे की दिशा में वहती है। वही समताप रेखा एक शीतल धारा द्वारा, जो महाद्वीप के पूर्वी भाग के साथ-साथ दक्षिण की ओर वहती है, उत्तरी अमरीका के पूर्वी तट से दूर रुक जाती है। अतएव महासागरीय धाराएँ भी समताप रेखाओ की अनियमितताओ का चौथा कारण है।

अटलाण्टिक और प्रशान्त की महासागरीय धाराओ द्वारा उत्तर की ओर वहने वाली ऊष्मा की मात्रा अत्यधिक है। क्रौल (Croll)[1] ने अनुमान किया है कि गल्फस्ट्रीम नाम की गरम धारा द्वारा उष्ण कटिवन्ध से लायी गयी ऊष्मा की मात्रा आर्कटिक प्रदेशो द्वारा सूर्य से प्राप्त ऊष्मा की मात्रा के $\frac{3}{7}$ भाग के वरावर हैं। यह अनुमान लगाया गया है कि उत्तरी अटलाण्टिक मे जल के ओष्ण (warm) ध्रुववर्ती सचालन (warm poleward movement) द्वारा इगलैण्ड का तापमान १०° फा०, नार्वे का १६° फा० और स्पिज बर्गन (Spitz bergen) का १६° फा० ऊँचा उठ जाता है। इन संख्याओ पर शका की गयी है और वहुत सम्भव है कि ये सख्याएँ वहुत ऊँची हो; किन्तु इसमे कोई भी उचित शंका नही है कि (गल्फस्ट्रीम के) गरम जल ने उत्तर की ओर वहकर उत्तरी-पश्चिमी यूरोप के तापमान को, विशेपकर जाडे मे, अधिक अच्छा बनाने मे सहायता की है। गरम जल की ध्रुव की ओर जाने वाली धारा[2] का तापमान को सम बनाने का प्रभाव (tempering influence) स्पष्ट नही है। जल के ऊपर की वायु गरम हो जाती है और यही गरम तथा आर्द्र वनी हुई वायु स्थल के ऊपर चलती हुई उत्तर-पश्चिमी यूरोप के तापमान को ऊँचा उठा देती है।

यह ध्यान रखना चाहिए कि उत्तरी अमरीका के उत्तर-पूर्वी भाग की तुलना मे उत्तर-पश्चिमी यूरोप की सम जलवायु का होना केवल गरम जल की ध्रुव की

---

1 *Climate and Time*, p. 27.

2 उत्तरी अटलाण्टिक के उच्च अक्षांशो में जल के ध्रुव की ओर के संचालन के लिए "गल्फस्ट्रीम" नाम के प्रयोग का उचित होना सन्देहयुक्त है। न्यूफाउण्डलैण्ड के अक्षाश के उत्तर "धारा" अति अनिश्चित है।

आर जाने वाली धारा के ही कारण नही है। यदि गाल्फ स्ट्रीम नही भी होती तो भी उत्तर-पश्चिमी यूरोप की जलवायु उत्तरी अमरीका के पूर्वी तट की उसी अक्षाश की जलवायु की अपेक्षा अत्यधिक समशीतोष्ण होती, क्योंकि महासागर, जहा से शिशिर की पवनें यूरोप के उस भाग म चलती है, उस स्थल की अपेक्षा अधिक गरम रहता है जहाँ से शिशिर की पवने अटलाण्टिक के पश्चिमी भाग पर उन्ही अक्षाशो मे चलती हैं। इसी प्रकार ग्रीष्म की ऊष्मा उत्तर पूर्वी उत्तरी अमरीका की अपेक्षा उत्तर पश्चिमी यूरोप मे कम चरमता (extreme) पर रहती है।

(५) समताप रेखाओ मे अनियमितताओ के अन्य छोटे कारण **स्थलाकृतिक सम्बन्धी** (Topographic relations), **धरातल के लक्षण** (Characteristics of the surface), **आर्द्रता की मात्रा** (amount of moisture), आदि के कारण होते हैं। पवतो द्वारा घिरा हुआ कोई द्रोणी प्रदेश (basin region) ग्रीष्म म उस प्रदेश की अपेक्षा जो इस प्रकार से घिरा हुआ नही है, अधिक गरम हो जाता है। इसका कुछ कारण तो यह है कि वायु चारो ओर से भीतर को परावृत्त (reflected) और विकीर्ण (radiated) हुई ऊष्मा द्वारा गरम हो जाती है, और साथ ही साथ निरन्तर परावृत्त एव विकीर्ण ऊष्मा द्वारा भी गरम हो जाती है। कुछ कारण यह है कि घेरने वाले पवत वायु म चलने की स्वतन्त्रता को रोकते है। किसी आर्द्र तल की अपेक्षा किसी शुष्क तल मे वाष्पीकरण कम होता है, और चूकि वाष्पीकरण किसी तल को स्पष्ट रूप से शीतल कर देता है, अत किसी आर्द्र तल की अपेक्षा कोई शुष्क तल, यदि अन्य परिस्थितिया समान हो, अधिक गरम होगा। मिट्टी का रग, वनस्पति का होना अथवा अभाव, आदि भी ऊष्मा के ग्रहण किये जाने और विकिरण का प्रभावित करते है।

जुलाई मे सयुक्त राज्य के दक्षिण-पश्चिमी भाग मे उच्च तापमान (९०° और ऊपर) मे स्थलाकृतिक सम्बन्धो का पर्याप्त भाग होता है। मिट्टी की शुष्कता और उसके ऊपर की वायु की शुष्कता भी तापमान को ऊँचा कर देती है। उत्तरी अफ्रीका (जुलाई) और आस्ट्रेलिया (जनवरी) मे उच्च तापमान के क्षेत्र (९०° और ऊपर) म तापमान को ऊँचा बनाने मे शुष्कता सहायक होती है।

ऊँचाई (Altitude)—यह पहले ही बताया जा चुका है कि तापमान पर ऊँचाई का एक विशेष प्रभाव पडता है। किन्तु चित्र ४७३ से चित्र ४७५ तक के चित्रो का अध्ययन करने से प्रतीत होता है कि समताप रेखाओ और तल की उदभृति (relief) के बीच कोई सम्बन्ध नही होता है। इसका कारण यह है कि समताप रेखाचित्रो (isothermal charts) म सभी समताप रेखाएँ समुद्र के तल के ही अनुसार दिखायी जाती है। लगभग १०० मीटर के लिए १° फा० की औसत दर (average rate) पर ऊँचाई के लिए छूट देकर ऐसा किया जाता है। उदाहरण के लिए, मान लो कि यदि १००० मीटर की ऊँचाई पर किसी स्थान का तापमान ६०° हो तो उस तापमान को रेखाचित्र म ७०° (६०°+१०°) दिखाया जाता है। यदि वह स्थान लगभग २,००० मीटर समुद्र तल से ऊपर होता तो तापमापी (thermometer) द्वारा अकित तापमान मे, उस सख्या को मानचित्र मे दिखाते समय २०° फा०

और जोड़ दिया जाता। अतएव समताप रेखाचित्रो का उद्देश्य उन तापमानों को दिखाना होता है जो उस समय होते जबकि स्थल समुद्र-तल पर होते।

तापीय रेखाचित्रों (thermal charts) द्वारा अनेक अन्य विशेषताएँ भी दिखायी जा सकती हैं। किसी रेखाचित्र मे प्रत्येक स्थान के तापमान का उसके अक्षाश के सामान्य (normal) तापमान से विचलन (departure) दिखाया जा सकता है। ऐसा विचलन **असामान्य तापमान** (abnormal temperature) कहलाता है। समान असामान्य तापमान रखने वाले स्थानो को जोड़ने वाली रेखाएँ स-असामान्य रेखाएँ (is-abnormal or is-anomalous) रेखाएँ कहलाती है। वे वर्ष अथवा किसी ऋतु अथवा किसी महीने के लिए (**चित्र ४७७ और ४७८**) बनायी जा सकती हैं। समान वार्षिक तापान्तर की रेखाओ (**चित्र ४७९**), औसत अधिकतम तापमानों (**चित्र ४८०**), और औसत न्यूनतम तापमानों (**चित्र ४८१**) को दिखाने वाले रेखाचित्रों को बनाया जा सकता है। प्रथम प्रकार के रेखाचित्र वर्ष भर के उच्चतम तापमानों के औसत द्वारा, तथा द्वितीय प्रकार के रेखाचित्र वर्ष भर के निम्नतम तापमानों के औसत द्वारा प्राप्त होते है। किसी स्थान के लिए उच्च तापमान नितान्त उच्च (absolute maximum) और नीचे तापमान सबसे नीचे (minimum) तापमान होगे। **चित्र ४८२**, सहारा मे नितान्त अधिकतम तापमान १२०° से अधिक दिखाता है और न्यू साउथवेल्स (आस्ट्रेलिया) एवं सयुक्त राज्य के दक्षिण-पश्चिमी भाग में केवल कुछ ही कम तापमान को प्रकट करता है। निम्नतम अंकित तापमान उत्तर-पूर्वी एशिया में है।

समतापीय तल (Isothermal surface)—समान तापमान रखने वाले सभी बिन्दुओ को जोडते हुए कोई तल खीचा जा सकता है। उदाहरण के लिए, ३०° का वार्षिक समतापीय तल समुद्र-तल पर होगा जहाँ **चित्र ४७३** मे ३०° की समताप रेखाएँ दिखायी देती हैं। इन समताप रेखाओ मे एक भूमध्यरेखा के उत्तर और दूसरी दक्षिण मे है। इन रेखाओ से भूमध्यरेखा की ओर किसी भी गोलार्द्ध मे ३०° समतापीय तल समुद्र-तल से ऊँचा उठ जाएगा। दक्षिणी अमरीका के उत्तरी भाग मे समुद्र-तल पर तापमान लगभग ८०° है। अत इसका तापमान ३०° के समतापीय तल के तापमान से लगभग ५०° ऊपर है। वह तल यहाँ पर १०० मीटर (३३० फुट) का लगभग ५० गुना अथवा समुद्र-तल से ५,०३० मीटर (१६,५०० फुट) ऊपर है। जहाँ ५०° की समताप रेखा उत्तरी अमरीका को पार करती है (**चित्र ४७३**) वहाँ समुद्र-तल पर तापमान ३०° के समतापीय तल के तापमान से २०° ऊपर है। इस अक्षाश पर ३०° का तापमान पाने के लिए हमे वायु में पर्याप्त ऊँचे उठना होगा ताकि २०° की कमी पूरी हो सके, अर्थात् १०० मीटर (३३० फुट) का २० गुना अथवा २,००० मीटर (६,६०० फुट)।

उत्तरी गोलार्द्ध मे ३०° की समताप रेखा के उत्तर (**चित्र ४७३**) समुद्र के तल पर तापमान ३०° से कम है। अतः इन अक्षांशो में ३०° का तापमान पाने के लिए हमे समुद्र के तल से नीचे जाना होगा।

Fig 477

Chart showing the is abnormal temperatures for January The minus signs indicate temperatures below the average The ranges are much below normal on land in the northern hemisphere, and much above it on land in the southern The reverse is the case with the oceans The greater range on the lands as compared with the oceans, is to be noted (*After Batchelder*)

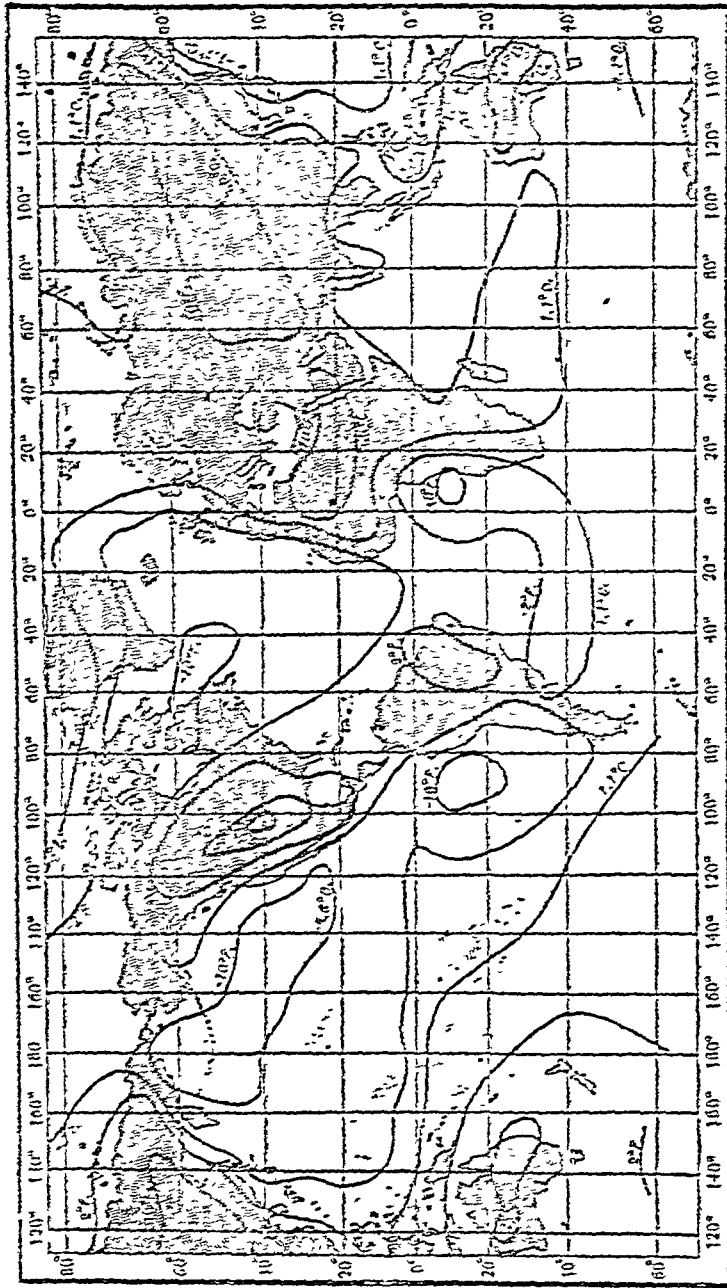



Fig. 478

Chart showing the is-abnormal temperatures for July. The minus signs indicate temperatures below the average. The chart shows ranges much above normal on land in the northern hemisphere, and much below normal on sea. The changes are less striking in the southern hemisphere. Why? (*After Batchelder*)

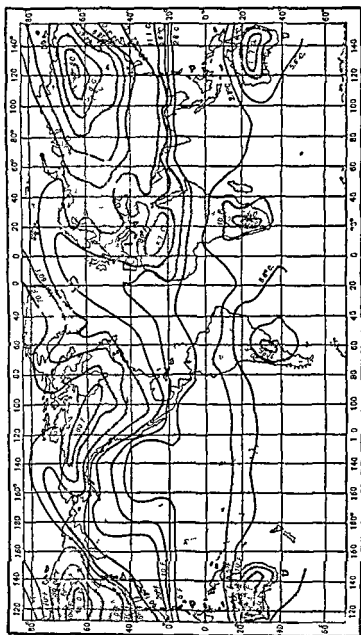



Fig 479
Chart showing annual mean range of temperature The range is much greater on land than on sea
(*After Connolly*)

Fig. 480

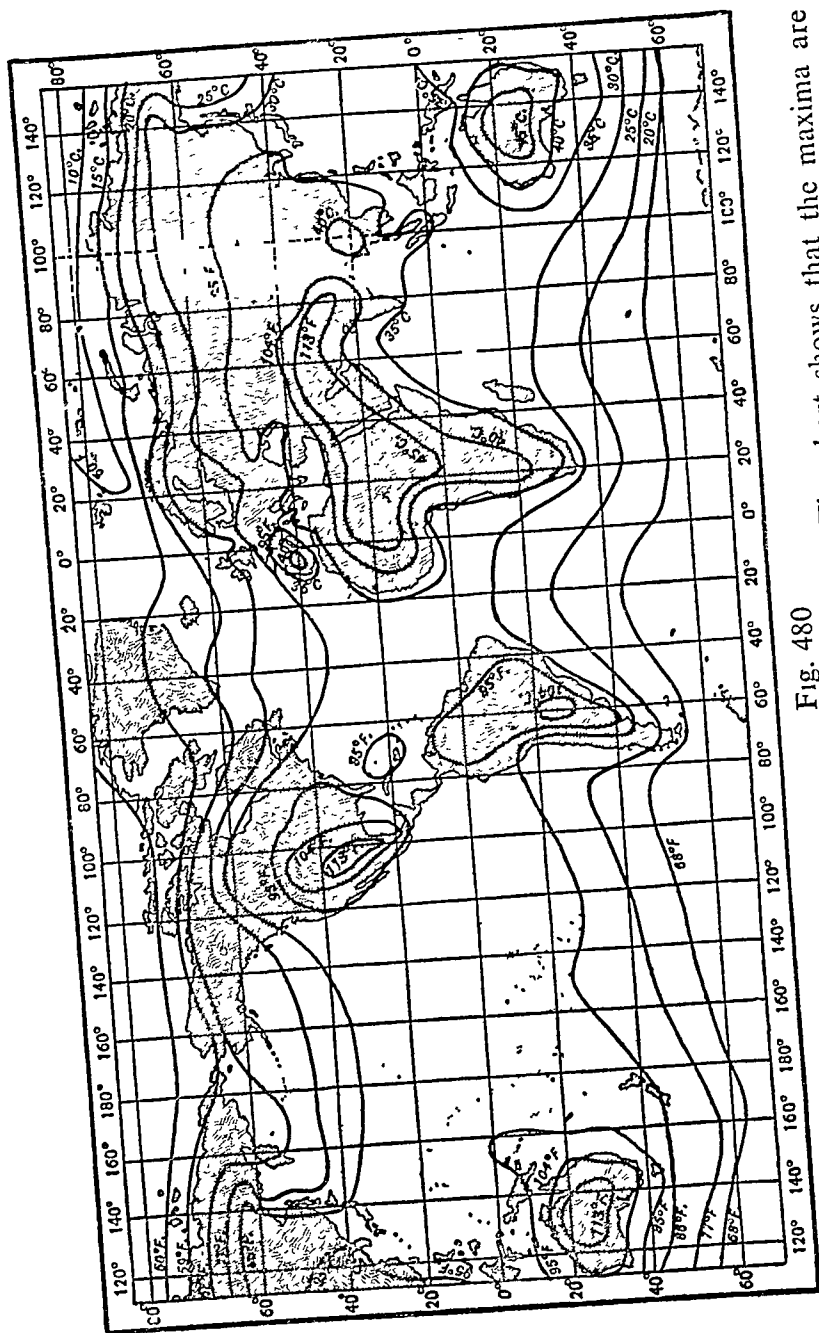



Chart showing aveiage annual maximum temperatuies. The chart shows that the maxima are much greater on land than on sea. (*Aftei van Bebber*)

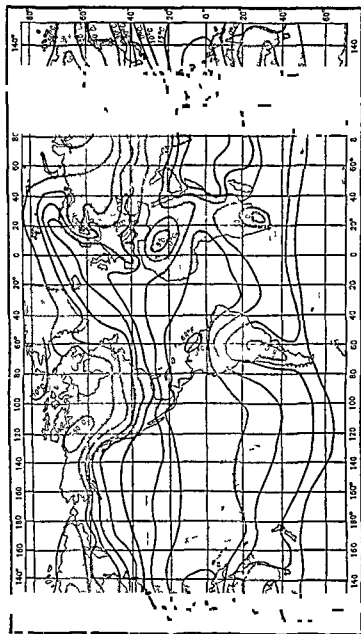



Fig 481

Chart showing average annual minimum temperatures on the continents than on the oceans The minima are showing to be much lower Why ? (*After van Bebber*)

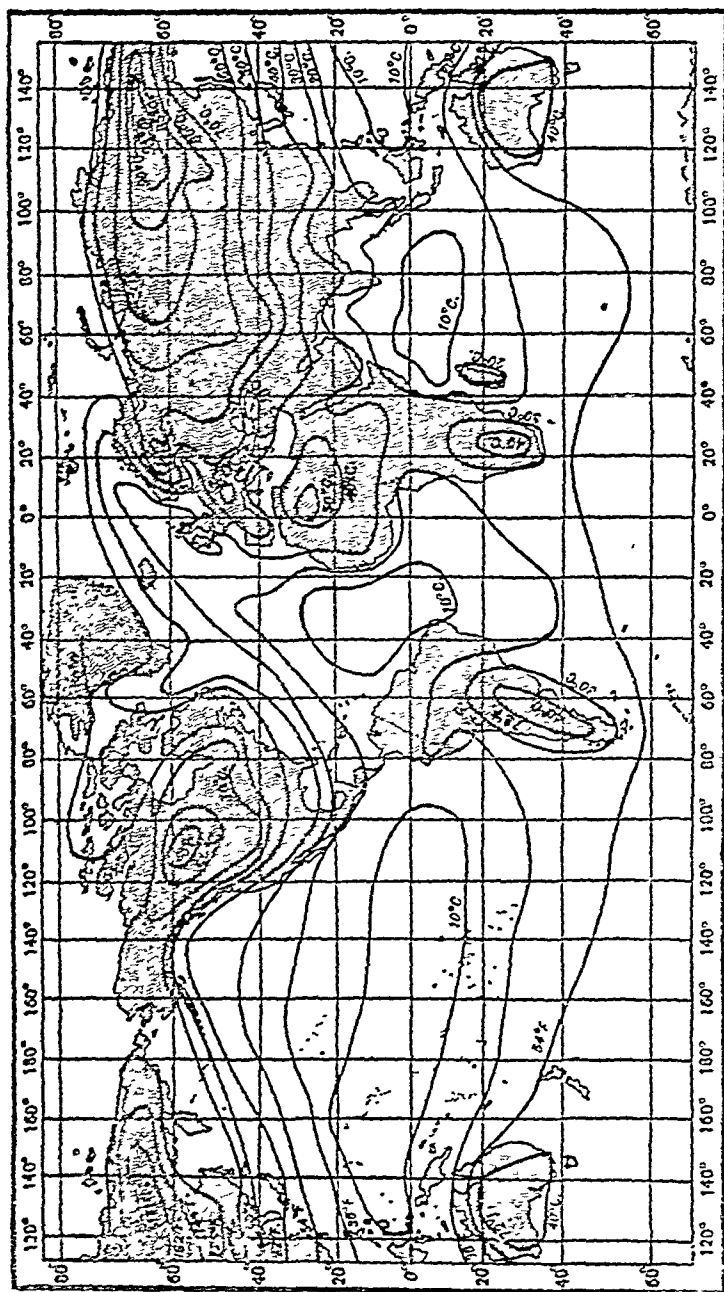



Fig. 482

Extreme annual range of temperature. The extremes are far greater on the continents than on the oceans. Why? *(After van Bebber)*

समुद्र तल से नीचे तापमान की वृद्धि की दर वही नही है जो उसके ऊपर घटाव की है और यह स्थल एव जल के लिए भी समान नही है। स्थल के नीचे वृद्धि की दर २७ मीटर स ३० मीटर (८० से ६० फुट) तक के लिए लगभग १° फा० है। [तल के नीचे, वृद्धि की परीक्षण की गयी दरें (rates) ६ मीटर (१७ फुट) क लिए लगभग १° फा० से लेकर ५० मीटर (१५० फुट) स अधिक तक के लिए

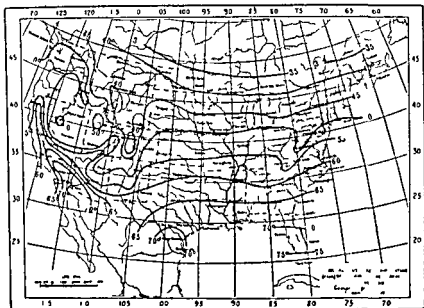



Fig 483
Isothermal chart of the United States for the year
(U S Weather Bureau)

१° फा० तक पायी गयी है।] जहाँ २०° फा० की समताप रेखा महाद्वीप (उत्तरी अमरीका) को पार करती है वहा पर ३०° फा० का समतापीय तल पान के लिए, हम १०° फा० प्राप्त करन के लिए पर्याप्त दूर तक नीचे जाना चाहिए। यदि वृद्धि की दर २७ मीटर (६० फुट) के लिए १° है, तो यह निचाई लगभग २४५ मीटर (८०० फुट) होगी अथवा ३०० मीटर (१००० फुट) होगी यदि दर ३० मीटर (१०० फुट) के लिए १° है।

जब हम वायुमण्डल के सचार (circulation) का विचार करेंगे तब समतापीय तलो की उचित धारणा महत्त्वपूर्ण होगी। चित्र ४८६ समतापीय तला के जनवरी और जुलाई मे १००° की मध्याह्न रेखा (meridian) के साथ साथ काट (section) दिखाता है। ये काट चित्र ४७४ और ४७५ के आकडो पर आधारित है।

उपयुक्त विवेचन से यह विदित होगा कि समताप रेखाएँ वे रखाएँ होती है जहा तदनुकूल (corresponding) समतापीय तल (isothermal surfaces) पृथ्वी पर समुद्र तल के तदनुकूल स्तर का स्पश करते हैं।

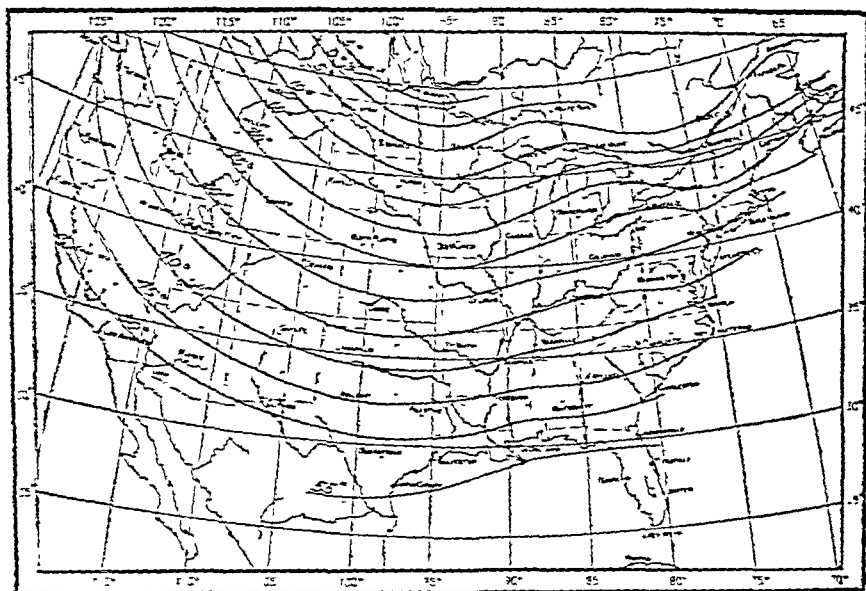



Fig. 484
Isothermal chart of the United States for January.
(*U. S. Weather Bureau*)

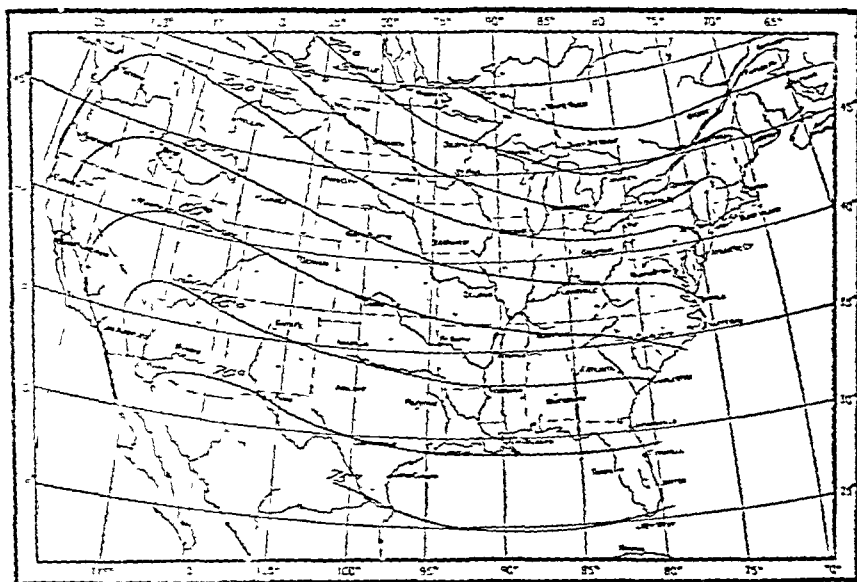



Fig. 485
Isothermal chart of the United States for April. The isotherm of 50° for January is not far from the isotherm of 70° for April. The isotherm of 50° is about 13° farther north in April than it was in January, in the central part of the Mississippi basin.
(*U. S. Weather Bureau*)

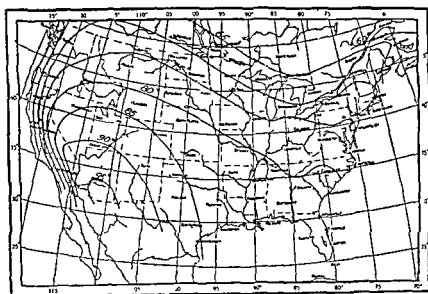



Fig 486

Isothermal chart of the United States for July The isotherm of 65° is about 14° farther north than it was in April in the central Mississippi basin (*U S Weather Bureau*)

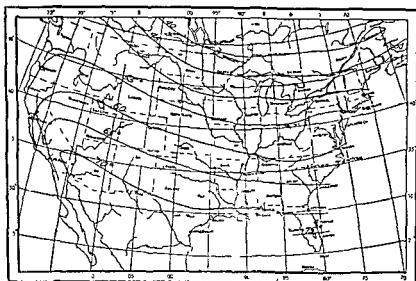



Fig 487

Isothermal chart of the United States for October The isotherm of 70° is about 14° farther south than it was in July, in longitude 90° (*U S Weather Bureau*)

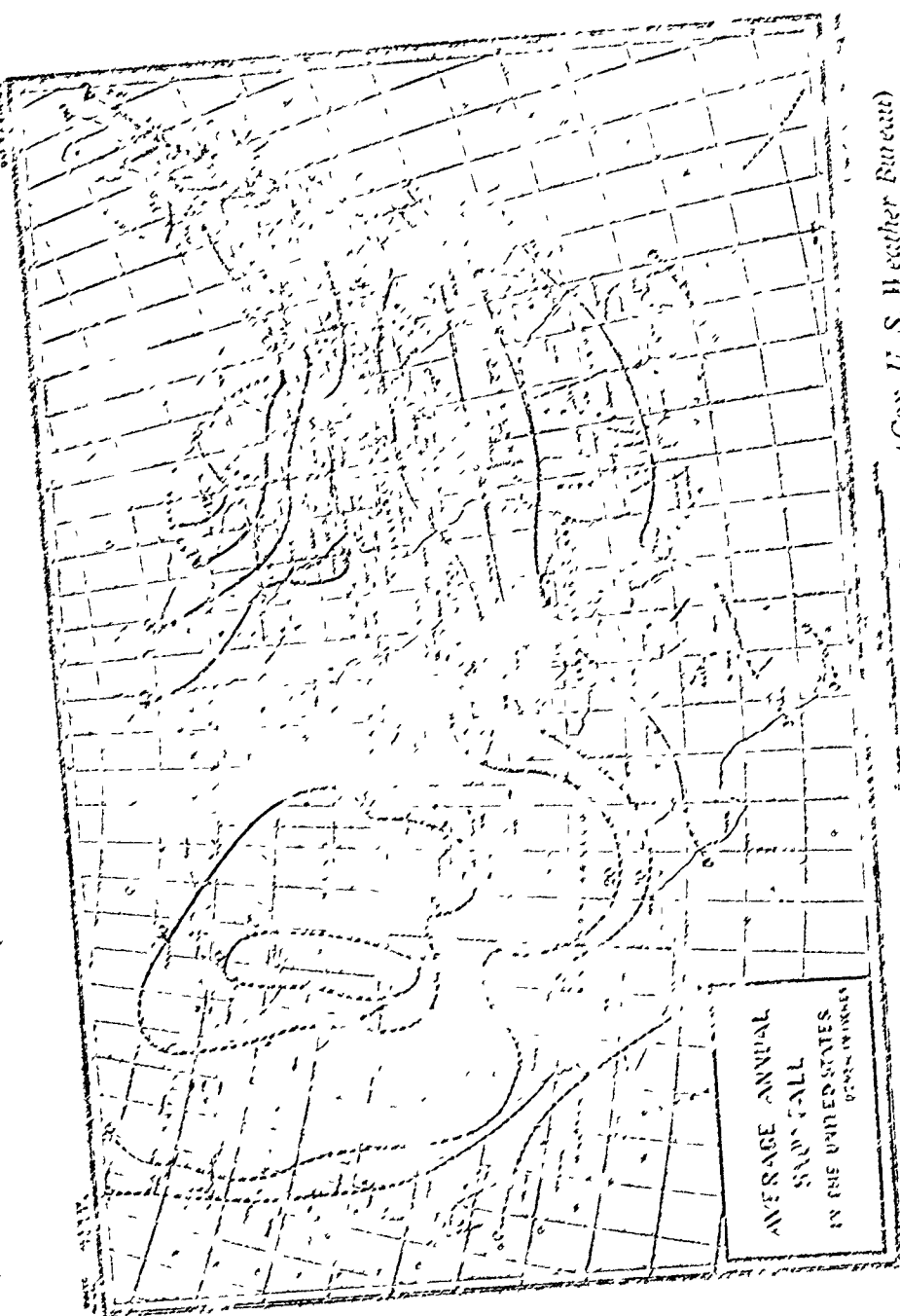



Fig. 488—Average annual snowfall in the United States. (Cox, U. S. Weather Bureau)

विकिरण द्वारा शीतल होने की अपेक्षा से अधिक शीघ्रता से तापित हो रहे होते हैं क्योंकि तापमान बढ़ता रहता है। जैसे-जैसे तापमान बढ़ता है वैसे ही वैसे विकिरण भी बढ़ता है (चित्र ४६० *B*), किन्तु आरम्भ में वह सूर्यताप के साथ नहीं चल पाता है क्योंकि तापमान का उठाव दोपहर के कुछ समय बाद तक चालू रहता है। यह तथ्य, अर्थात उस समय के तापमान की गिरावट, यह प्रकट करता है कि उस समय का विकिरण सूर्यताप से अधिक हो जाता है। चित्र ४६० *C* सूर्यताप के वक्र को उसके विकिरण के वक्र के सम्बन्ध में ही प्रकट करता है।

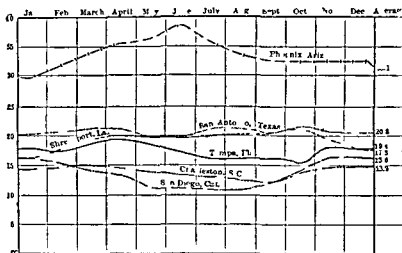



Fig 491

Curves showing the average daily range of temperature for certain type stations for each month The figures at the right show the average daily range for each station The great range at Phoenix is the result of high altitude and aridity
(*U S Weather Bureau*)

चित्र ४६१ में छः स्थानों का औसत दैनिक तापान्तर महीनों के हिसाब से दिखाया गया है। सैन डीगो (San Diego) फोइनिक्स (Phoenix), श्रीवपोर्ट (Shreveport) और चार्ल्सटन (Charlston) लगभग एक ही अक्षांश में हैं (३३° के समीप)। सभी स्थान पछुवा हवाओं की पेटी में हैं। प्रशान्त महासागर तट पर सैन डीगो का औसत दैनिक तापान्तर लगभग १८° फा० है। फाइनिक्स जो स्थल पर भीतर की ओर स्थित है, बहुत ऊँचा है और शुष्क प्रदेश में है अतः उसका औसत दैनिक तापान्तर लगभग ३३° फा० है। श्रीवपोर्ट का, जो स्थल पर भीतर की ओर तो अवश्य है किन्तु निचाई पर स्थित है और प्रचुर आर्द्रता के प्रदेश में है औसत दैनिक तापान्तर लगभग १७° फा० है। पूर्वी तट पर चार्ल्सटन में यह तापान्तर लगभग १४ फा० है। टम्पा (Tampa) और सैन अण्टोनिओ (San Antonio) और भी दक्षिण में हैं और दोनों ही कुछ-कुछ व्यापारिक पवनों द्वारा

साइबेरिया मे याकूटिस्की (Yakutski) का उदाहरण मिलता है, जहाँ तापातर ६१ ६° से० है।

(३) जिस तट पर प्रचलित पवनें महासागर की ओर से आती है उसके तापमान का तापान्तर उस तट के तापातर की तुलना मे कम होता है जिस पर प्रचलित पवन स्थल की ओर से आती है। उदाहरण के लिए, सयुक्त राज्य के प्रशान्त सागरीय तट पर तापमान का तापातर उसी अक्षाश मे अटलाण्टिक के तट की अपेक्षा कम है, यद्यपि दोनो ही परिस्थितियो म पवनें पश्चिम से चलती हैं। हैन (Hann) न दिखाया है कि यूरोप म ४७° और ५२° की अक्षाशो के बीच पश्चिम स पूव की ओर तापमान के परिवतन निम्न प्रकार से हैं देशान्तर के प्रत्यक १०° पर जाडो म ३ १° से० का ह्रास होता है, ग्रीष्म म ० ७° से० की वृद्धि होती है और मध्यमान (mean) वार्षिक तापमान म १ ३° से० का ह्रास होता है।

(४) गरम ऋतु म हिम की उपस्थिति, जैसे कि उच्च अक्षाशो और उच्च पवतो म, उच्च तापमान को रोकती है, यद्यपि सूयताप प्रबल होता है।

विभिन्न मानवीय क्रियाओ पर तापमान के वार्षिक तापान्तर का पर्याप्त प्रभाव होता है। यह वनस्पति एव मिट्टी मे सम्बधित सभी धन्धो को प्रभावित करता है। तापमान का तापान्तर अथवा स्पष्ट रूप से शिशिर (जाडे) का तापमान जल-मार्ग के यातायात को प्रभावित करता है। जाडो मे नाव चलाने का काय बद हो जाता है उदाहरण के लिए बडी झीलो (Great Lakes) पर, क्योकि उनके किनारो के आसपास हिम जम जाती है। तापमान की निम्नतर सीमा खनिज काय की कुछ अवस्थाओ को भी प्रभावित करती है। उदाहरण के लिए, धाव-खनिजापन (placer mining—क्षोभ प्रक्षालन) का काय जाडो मे, उच्च अक्षाशो और उच्च स्थानो मे साधारणत स्थगित कर दिया जाता है। इसका कारण केवल यही नही है कि बजरी और रेत जम जाते है, बल्कि यह भी है कि खानो म काय करने के लिए जिस जल की आवश्यकता पडती है वह भी जम जाता है। ऋतु सम्बन्धी तापान्तर के अन्य प्रभाव भी सरलता स समझे जा सकते हैं।

वायुमण्डलीय तापमान का वायुमण्डलीय गति पर प्रभाव
(Effect of Atmospheric Temperature on Atmospheric Movement)

जब वायु गरम होती है तो वह फैलती है और मात्रा प्रति मात्रा हलकी होती जाती है। यदि हम किसी निश्चित क्षेत्र के ऊपर की वायु को उसके पास पडोस से चारो ओर से बन्द, किन्तु ऊपर को खुली हुई मान लें तो वह गरम होने पर ऊपर को फैलेगी। परिणाम यह होगा कि इसका तल इसके पास पडोस के तल से ऊपर उठ जाएगा। यदि इसके पास पडोस के तल की अपेक्षा इसका तल ऊँचा होगा, तो वायु का ऊपरी भाग पार्श्वों की ओर को ठीक उसी प्रकार फैलेगा (उडकर जाएगा) जस कि इसी प्रकार की परिस्थितियो म पानी बहता है। यदि किसी गरम स्तम्भ

(heated column) के शीर्ष पर से कुछ वायु दूर चली जाती है तो स्तम्भ के नितल पर वायु का दवाव पास-पड़ोस की वायु के नितल पर के दवाव की अपेक्षा कम हो जाता है, और यदि समीपवर्ती क्षेत्र की वायु का मार्ग रुका हुआ न होता तो वह अधिक दवाव के क्षेत्र से (जहाँ वायु अधिक घनी है) कम दवाव के क्षेत्र (जहाँ वायु अधिक हलकी है) की ओर आती, परिणामस्वरूप, वायुमण्डल के नितल पर एक क्षैतिज संचार (horizontal movement) होता (चित्र ४६६), अर्थात् केवल एक पवन। **अतएव वायु का असमान रूप से गरम होना वायु के चलने का एक कारण है,** और चूँकि वायु निरन्तर असमान रूप से ही गरम होती है, अतः यह निष्कर्ष निकलता है कि **यह असमान तापन ही वायुमण्डलीय संचालन का एक स्थायी कारण है।** कुछ गतियाँ क्षैतिज होती है और कुछ ऊर्ध्वाधर; कुछ वायु की निचली परतो मे और कुछ उसके ऊपरी भाग मे होती है।

वायु का असमान रूप से गरम होना कई एक परिचित पवनो (winds) एवं समीरो (breezes) के उत्पन्न होने का बहुत ही समीपी कारण है।

(१) **स्थल एवं सागर की समीरें** (Land and sea-breezes)—किसी धूपदार गरमी के दिन मे झील अथवा समुद्र के समीप का स्थल जल की अपेक्षा अधिक गरम हो जाता है। परिणाम यह होता है कि स्थल के ऊपर की वायु किसी गरम दिन मे जल के ऊपर की वायु की अपेक्षा स्पष्ट रूप से अधिक गरम हो जाती है। स्थल के ऊपर की फैली हुई निचली वायु उसके ऊपर की वायु को अधिक घना बना देती है, और इस प्रकार वायु के नितल के ऊपर के दवाव को बढा देती है। परिणाम यह होता है कि स्थल के ऊपर की वायु के नितल के ऊपर का दवाव समुद्र के ऊपर उसी स्तर पर के दवाव की अपेक्षा अधिक हो जाता है। परिणामस्वरूप—(१) वायु के नितल से कुछ ऊपर स्थल से जल की ओर वायु की एक गति आरम्भ हो जाती है। इस सचलन (गति) के कारण स्थल पर की वायु के नितल पर का दवाव कम हो जाता है और समुद्र के ऊपर की वायु के नितल पर का दवाव बढ जाता है। इससे (२) वायुमण्डल के नितल पर समुद्र से स्थल की ओर जाने वाली समीर की उत्पत्ति होती है। **इसको समुद्र अथवा झील की समीर** कहते है। रात्रि मे (दिन के विपरीत) स्थल के ऊपर की वायु शीतल होती है और वह सिकुड़कर नीचे को आती है और ऊपर का दवाव जल के ऊपर उसी स्तर पर के दवाव से कम हो जाता है। अतः वायुमण्डल के नितल के ऊपर वायु (३) समुद्र से स्थल की ओर बहकर आने लगती है। इससे स्थल के ऊपर वायुमण्डल के नितल पर का दवाव बढ जाता है और समुद्र के ऊपर के नितल पर का दवाव कम हो जाता है। अत. (४) वायुमण्डल के नितल पर स्थल से समुद्र की ओर एक समीर बहने लगती है। इस समीर को **स्थल-समीर** कहते है।

मध्य एव निचले अक्षाशो मे गरमी के दिनो मे दिन के गरम भाग मे समुद्र-समीर सर्वोत्तम रूप से विकसित होती है। जिस समय इसकी दिशा प्रचलित पवन की दिशा के अनुसार होती है तो यह कभी-कभी ऐसी शक्ति पैदा कर लेती है कि

लागों के धन्धे तक रुक जाते हैं तथा उनको शरण लेने की आवश्यकता पड़ जाती है। चिली देश के वालपरेज़ो (Valparaiso) नाम के नगर में कहा जाता है कि ऐसा ही होता है। किन्हीं-किन्हीं तटों के समीप मद्धम स्थल समीर के साथ तड़के ही समुद्र में जाते हैं और रात्रि में सागर समीर के साथ वापस लौटते हैं। वायुमण्डलीय संचार (atmospheric circulation) के सम्बन्ध में स्थल एवं सागर समीरों का वर्णन फिर से किया जाएगा। यहाँ पर उनका वर्णन केवल इसीलिए किया गया है कि वे तापमान के साथ घनिष्ठ रूप से सम्बन्धित होती है।

(२) **मानसून पवनें** (Monsoon winds)—समुद्र के समीप कुछ स्थल ग्रीष्म में इतने अधिक गरम हो जाते हैं कि समुद्री पवन उष्ण ऋतु में बराबर चलती रहती है। यह दशा केवल दिन के उष्ण भाग में ही नहीं होती वरन् ऋतु भर होती रहती है। इसी प्रकार से स्थल पवन जाड़ा भर चलती रहती है। उदाहरण के लिए, भारत की यही दशा रहती है। ये पवनें, जो ऋतुओं के साथ अपनी दिशाएँ बदला करती है, **मानसून पवनें** कहलाती है। अन्य देशों में इसी प्रकार की पवनों के लिए यह नाम सामान्य प्रयोग में नहीं है। कभी-कभी वे महाद्वीपीय (continental) एवं महासागरीय (oceanic) पवनें कहलाती हैं।

हिन्दमहासागर की मानसून पवनों ने भारत के प्रारम्भिक व्यापार पर बड़ा प्रभाव डाला था। पहले यूरोप से भारत को आने जाने वाले पालदार जहाज ऐसा समय चुना करते थे कि वे जाते समय दक्षिण पश्चिमी मानसून और लौटते समय उत्तर पूर्वी मानसून से लाभ उठा सकें।

(३) **पर्वत एवं घाटियों की समीरें** (Mountain and valley breezes)—रात में पर्वत शिखरों की वायु शीतल हो जाया करती है क्योंकि वहाँ ऊष्मा का विकिरण शीघ्र हो जाता है। इस प्रकार वह नीचे की वायु की अपेक्षा अधिक घना होकर नीचे उतरने लगती है। इसी पवन को **पर्वतीय समीर** कहते है। किन्तु वायु का नीचे की ओर चलना केवल पर्वतीय घाटियों तक ही सीमित नहीं रहता, वह सामान्यतः पर्वतों के ढालों को प्रभावित किया करती है। विशेषकर धूपदार दिनों में, प्रातःकाल स्थल के निकट की वायु गरम हो जाती है। यह तपन निचले पर सबसे अधिक होती है, अतः वह ऊपर की ओर फैलने लगती है और पर्वतों के ऊपर की अपेक्षा नीचे स्थल के ऊपर अधिक फैलती है। फल यह होता है कि दिन के इस समय वायु पर्वतों की ओर को चलने लगती है और उनको (पर्वतों को) एक ऐसे कोण पर छूती है कि वह ऊपर की ओर को मुड़ सके। इस पवन को **घाटी की पवन** (valley breeze) कहते हैं। पर्वतीय ढाल से भी वायु की एक ऊर्ध्वगामी (upward) गति होती है। वह वायु सीधे ऊपर को जाने का प्रयास करती है, किन्तु पर्वत की ओर की गति द्वारा पर्वत के प्रतिकूल ऊपर को इकट्ठी हो जाती है और उस गति को शक्ति प्रदान करती है। पर्वत के शीर्ष पर क्षैतिज पवनें उस वायु को बहा ले जाती है जो वहाँ पर घाटी की समीर के परिणामस्वरूप एकत्रित हो जाया करती है।

पर्वतीय एव घाटी की समीरें, तथा स्थल एव जल की समीरे, और मानसून पवनें तापमान की असमानताओ के कारण वायु के चलने के सामान्य उदाहरणो को प्रस्तुत करती है।

ऊर्ध्वाधर गतियाँ एवं तापमान (Vertical movement and temperature)—यह पहले ही कहा जा चुका है कि जव वायु ऊपर उठती है तो वह फैला करती है और जव वह फैलती है तो वह पहले की अपेक्षा अधिक शीतल हो जाया करती है; और इसके विपरीत, जव वायु नीचे को उतरा करती है तो वह अधिक घनी और गरम हो जाया करती है। तापमान के इन परिवर्तनो का वायुमण्डलीय आर्द्रता के सघनन (condensation) एव अवक्षेपण (precipitation) पर महत्त्वपूर्ण प्रभाव पड़ा करता है, अत. इन पर विचार उस विषय के प्रसग मे किया जाएगा।

१५

वायु की आर्द्रता
(THE MOISTURE OF THE AIR)

वायुमण्डल म सदैव कुछ जल की वाष्प (water vapor or vapour) विद्यमान रहती है, यहाँ तक कि अति शुष्क मरुस्थलो के ऊपर की वायु मे भी वह पायी जाती है। इस वाष्प को हम न तो देख सकते है और न सूँघ सकते है, और न स्पश द्वारा इसको पहचान ही सकते है, यद्यपि अधिक जलवाष्प स भरी हुई वायु का अनुभव कम जलवाष्प की वायु के अनुभव से भिन्न होना है।

सामान्य परिस्थितियो मे वायु मे आद्रता (moisture) की उपस्थिति विभिन्न परिचित प्राकृतिक दृश्यो द्वारा सिद्ध होती है। जैस, यदि बर्फीने जल स भरकर एक धातुपात्र को एक गम कमरे म रख दिया जाए तो पात्र (बतन) के बाहरी तल पर प्राय जल की छोटी छोटी बूदे दिखाई देने लगती ह। ये बूँदें (जल) केवल वायु मे से ही आ सकती हैं। फिर, यदि किसी पात्र मे गरम वायु भरकर बद कर दिया जाए और पात्र को किसी ठण्डे स्थान म रखा जाए (या पात्र के तापमान का नीचा किया जाए) तो पात्र के भीतरी तल पर जल की नन्ही नन्ही बूदो का एक आवरण सा चढ जाएगा। इस परिणाम को प्राप्त करने के लिए आवश्यक तापमान की मात्रा वायु म स्थित जलवाष्प की मात्रा की कमी अथवा अधिकता के अनुसार ही कम अथवा अधिक होती ह। कभी-कभी जलवाष्प वायु मे जल के रूप म सघनित (condensed) हो जाती है, और तब बादल अथवा कुहरा (fog) के रूप म दिखाई देन लगती है।

जलवाष्प को स्वय ही, वायु म एक वायुमण्डल की ही भाति माना जा सकता है, क्योकि यह बहुत कुछ इस भाति स वितरित होती है जैस कि तब होती जबकि कोई अन्य वायुमण्डल ही न होता। शुष्क वायु की तुलना मे जलवाष्प $\frac{5}{8}$ भाग भारी होती है, तापमान और दबाव की समान परिस्थितियो मे शुष्क वायु का एक घन मीटर $\frac{5}{8}$ भारी होगा। वायु की जलवाष्प वायु म स कुछ ऑक्सीजन, नाइट्रोजन आदि को हटा देती है और इस प्रकार म वायु को अधिक हलका कर देती है।

वायुमण्डलीय आर्द्रता का काय (Function of atmospheric moisture)—वायुमण्डल मे आद्रता का काय एक अत्यन्त महत्त्वपूण काय है। इसके बिना जीवित रहना सम्भव नही है। यह वर्षा, हिम और उस समस्त जल को जिस पर जीवन निभर है, प्रदान करती है। इसके अतिरिक्त यह तापमान के सम्बन्ध मे भी एक

महत्त्वपूर्ण कार्य करती है जिसे पहले वताया जा चुका है। सूर्य और पृथ्वी द्वारा विकीर्ण दोनों ऊष्माओं को ग्रहण करने में वायु का यह एक सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण अंग प्रतीत होता है। यह वायुमण्डल के नितल पर औसत तापमान को वढ़ा देती है और गर्मी एवं शीत की उन चरमताओं (extremes) को कम कर देती है जो वायु के पूर्णत. शुष्क रहने पर उपस्थित होतीं।

जलवाप्प के स्रोत : वाष्पीकरण (Sources of water vapor : evaporation)—यह एक सुपरिचित तथ्य है कि कोई आद्र तल जो वायु में खुला रहता है. शीघ्र ही सूख जाता है. और यह भी कि एक खुली हुई तश्तरी में रखा हुआ जल कुछ समय में लुप्त हो जाया करता है। कोई भी तरल पदार्थ, जैसे कि स्याही, जिसमें पानी रहता है. यदि खुला छोड़ दिया जाए तो सूख जाता है। ये सब अनुभव यह सिद्ध करते हैं कि जहाँ कही भी कोई भी आर्द्र तल वायु मे खुला रहता है तो वह सूख ही जाता है और उसका जल वायुमण्डल में विलीन होता रहता है। अतएव हम इस परिणाम पर पहुँचते हैं कि **वायु में जितनी भी जलवाष्प होती है वह समस्त खुले हुए आर्द्र तलों से निरन्तर प्राप्त होती रहती है।** जल का जलवाप्प के रूप मे परिवर्तन होना ही **वाष्पीकरण** (evaporation) कहलाता है। इसी को दूसरे शब्दों में यो भी कहा जा सकता है कि जल अथवा हिम के तल से अणुओं (molecules) का वाप्पमय स्थिति में चला जाना ही वाप्पीकरण का मार्ग होता है, क्योंकि किसी तल के अणु गतिशील स्थिति मे रहते हैं। द्रव के तल के ऊपर रहते हुए यदि वे पर्याप्त वेग से चलें तो वे द्रव के अन्य अणुओं के आकर्षण की सीमा से वाहर जा सकते है और इस दशा मे वे भाप (वाप्प) वन जाते हैं।

वाप्पीकरण उन स्थल के तलो से भी होता है जो नितान्त शुष्क प्रतीत होते है, क्योंकि यहाँ पर भी तल के नीचे शिला, अधोभूमि आदि न्यूनाधिक रूप में आर्द्र रहती हैं और आर्द्रता निरन्तर नीचे से ऊपर वायुमण्डल मे जाती रहती है। यह तथ्य, कि ३२° फा० (०° से०) के नीचे के तापमान मे भी हिम (ice) और शीन (snow) धीरे-धीरे अदृश्य (disappear) हो जाती है, प्रकट करता है कि हिम और शीन से भी वाप्पीकरण होता रहता है, चाहे उनका तापमान द्रवाक (melting point) से वहुत नीचे ही क्यों न हो। यदि किसी भीगे कपड़े को अति कम तापमान में रख दिया जाए. जैसे कि ०° फा० मे, तो वह कपड़ा जमकर कठोर हो जाएगा, और यदि वह उसी तापमान मे वना रहे तो शीघ्र ही सूख जाता है। इसी को यो कहिए कि उसमे की हिम का वाप्पीकरण हो जाता है।

समस्त जीवो की श्वास किया वायुमण्डल को जल प्रदान करती है। जाड़े के दिनो मे, जव श्वास की जलवाप्प सघनित (condensed) हो जाती है, तो जलवाप्प को सरलता से देखा जा सकता है। इसी कारण वह शीतल (ठण्डे) वायुमण्डल में दिखाई देने लगती है। ग्रीष्मकाल मे अथवा किसी गर्म कमरे मे श्वास के साथ निकली हुई जलवाष्प दिखाई नही देती है क्योंकि उसका सघनन नहीं हो पाता है। पौधे भी नि.श्वास (breathe out) द्वारा आर्द्रता को वाहर फेकते है, और देरी से

बढ़ने वाले पौधों (thrifty growing plants) में जलवाष्प अधिक मिलती है। जाग्रत ज्वालामुखियों (active volcanoes) से भी जलवाष्प निकलती है।

सामान्यतः जल के तल, जैसे महासागर, झीलें, नदियाँ आदि समान क्षेत्रफल वाले स्थल के तलों की अपेक्षा अधिक जलवाष्प प्रदान करते हैं। महासागरों को अधिकतम जलवाष्प का प्रधान स्रोत मानना होगा। इस विशाल जलाशय के बिना स्थल के जल शीघ्र ही समाप्त हो जाएँगे। सामान्यतः महासागर नदियों, वर्षा और वर्षा से लगभग उतनी ही शीघ्रता से जल प्राप्त करता है जितनी शीघ्रता से वाष्पीकरण द्वारा वह उसे खो देता है। अतः वर्ष-प्रति वर्ष महासागर में जल की मात्रा लगभग स्थायी बनी रहती है।

प्रत्येक वर्ष वायु से स्थल पर, औसत रूप से १ मीटर से १½ मीटर (३० से ४० इंच) तक की जल-वर्षा (rain water) का अनुमान किया गया है, अर्थात् यदि उसे समस्त स्थल के ऊपर फैला दिया जाए तो वह जल स्थल पर १ मीटर से १½ मीटर (३० से ४० इंच) तक की गहरी परत बनाने के लिए पर्याप्त होगा। प्रत्येक वर्ष भाप बन कर उड़े हुए जल की मात्रा लगभग उतनी ही होनी चाहिए जितनी कि अवक्षेपण (precipitation) की मात्रा है। यदि समान क्षेत्रफल के लिए महासागर पर का अवक्षेपण स्थल पर के अवक्षेपण के बराबर हो, और यदि समस्त जल महासागरों से लिया गया हो और उसे लौटाया न जाए तो ८००० वर्षों से कम समय में ही महासागर सूख जाएँगे, अथवा २ मीटर की अधिकतम मात्रा के अनुसार ३००० वर्षों से कम समय में ही महासागर सूख जाएँगे। यदि जल की यह मात्रा जो वर्षा बनकर पृथ्वी पर गिरती है, सबकी सब झीलों के जल के वाष्पीकरण से आयी होती तो सम्भवतः एक वर्ष से भी कम समय में वह समस्त झीलों को समाप्त कर देती।

जल की इस विशाल मात्रा का वाष्पीकरण करने के लिए आवश्यक शक्ति भी पर्याप्त विशाल है। वर्षा की औसत मात्रा को लगभग १ मीटर की अपेक्षा १½ मीटर मानते हुए स्ट्राची (Strachey) ने अनुमान लगाया है कि जल की इस मात्रा का वाष्पीकरण करने और उसे ६०० मीटर (प्रस्तावित ऊँचाई जिसमें वर्षा गिरती है) ऊपर उठाने के लिए निरन्तर आवश्यक क्रियाशील शक्ति ३०,००,००,००,००,००० अश्व शक्ति (horse-power) के बराबर होगी।

वाष्पीकरण की गति (Rate of evaporation)—चित्र ४६३ संयुक्त राज्य अमरीका के विभिन्न भागों में खुले हुए जल के तलों से होने वाली वाष्पीकरण की मात्रा को इंचों में प्रकट करता है। देश के अधिक गरम और शुष्क भागों में वाष्पीकरण की मात्रा उच्चतम दिखाई देती है।

अनेक परिस्थितियाँ वाष्पीकरण की गति को प्रभावित करती हैं। उनमें से कुछ मुख्य होती हैं—(१) वायुमण्डल में जलवाष्प की मात्रा, (२) वायुमण्डल का तापमान, और (३) पवन की शक्ति।

(१) वायुमण्डल में जलवाष्प की मात्रा जितनी ही अधिक होगी, उतनी ही कम शीघ्रता से इसमें नवीन वाष्प का निर्माण और विलयन होगा। जिस तल पर

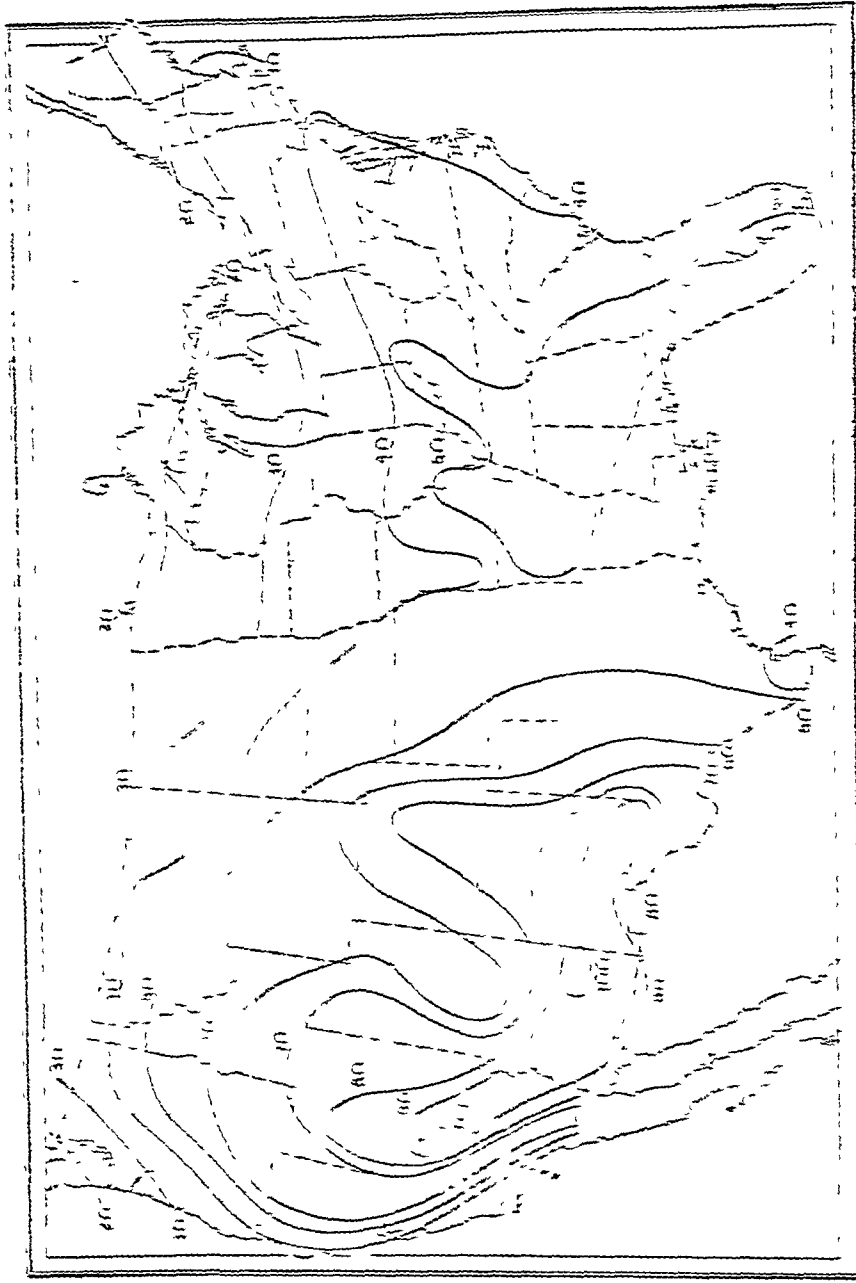



Fig. 403. Evaporation map. The numbers on the lines show, in inches, the amount of water which would be evaporated each year if water were freely exposed.

वाष्पीकरण हो रहा होता है उस तल के ऊपर जलवाष्प का दबाव ही नियन्त्रणकारी कारक (controlling factor) ज्ञात होता है। यदि जलवाष्प पर्याप्त रूप से अधिक होती है तो वाष्पीकरण नही होगा (कम से कम इस अर्थ मे कि वायु मे जल का वाष्प की वृद्धि नही होगी)। इस दशा मे यदि कोई वाष्पीकरण की क्रिया होती भी है तो वह वाष्पन के तल (evaporating surface) पर सघनन द्वारा सन्तुलित हो जाएगी।

(२) यदि अन्य बाते समान रहे तो जल का तल जितना ही अधिक उष्ण होगा उतनी ही शीघ्रता से वाष्पीकरण होगा। यह तथ्य परिचित अनुभवो द्वारा स्पष्ट है। किसी गर्म स्टोव के ऊपर का जल उस जल की अपेक्षा शीघ्रता से वाष्प बन जाता है, जो किसी ठण्डे स्थान मे हो। एसे ही धूप मे रखा हुआ जल छाया मे रखे हुए जल की अपेक्षा अधिक शीघ्रता से उड जाता है।

(३) पवन जितनी ही अधिक प्रबल होगी वाष्पीकरण भी उतना ही अधिक तीव्र होगा। इसका कारण यह ज्ञात होता है कि जब वायु शान्त रहती है तब किसी जलराशि अथवा किसी आर्द्र तल के ठीक ऊपर का स्थान जल की वाष्प मे भर जाता है और इससे वाष्पीकरण मे बाधा पडती है, किन्तु जब वायु मे गति होती है तब जल की वाष्प प्राय उतनी ही शीघ्रता से दूर ले जायी जाती है जितनी कि शीघ्रता से वह बनती है, इसके कारण नवीन और प्राय अधिक शुष्क वायु निरन्तर उस तल पर आती रहती है जहा से वाष्पीकरण हो रहा होता है। यदि बनी हुई जलवाष्प उतनी ही शीघ्रता से किसी अन्य साधन द्वारा दूर कर दी जाए तो वाष्पीकरण ठीक उसी शीघ्रता से चलता रहेगा जिससे कि वह तब चलता है जब पवन बहती है।

(४) वाष्पीकरण वायु के दबाव द्वारा भी प्रभावित होता है, दबाव की वृद्धि द्वारा नाममात्र को कम हो जाता है।

वाष्पीकरण मे वायुमण्डल का कार्य (Function of the atmosphere in evaporation)—ऊपर वर्णित विधियो के अतिरिक्त वायु स्थल एव जल के ऊपर के तापमान पर अपने प्रभाव द्वारा वाष्पीकरण को प्रभावित करती है, किन्तु वाष्पीकरण वायु पर निर्भर नही है। वह किसी रिक्त स्थान (vacuum) मे, किसी निश्चित तापमान पर उसी तापमान मे वायु की अपेक्षा, कुछ अधिक शीघ्रता से चलता रहेगा।

वाष्पीकरण ताप ग्रहण करता है (Evaporation takes up heat)—जिस तल से वाष्पीकरण होता है उसे वह शीतल कर देता है। यदि हाथ आर्द्र हो जाय तो जैसे ही जैसे वह सूखता जाता है वैसे ही वैसे ठण्डा ज्ञात होता जाता है। इसी प्रकार जब पवन बहती है और वाष्पीकरण जितना ही तीव्र होता है शीतलता भी उतनी ही अधिक स्पष्ट होती है। यही कारण है जिससे आर्द्र वस्त्र शान्त वायु की अपेक्षा पवन मे अधिक शीतल प्रतीत होता है, चाहे तापमान दोनो मे समान ही क्यो न हो। आर्द्र उष्ण वन प्रदेशो से वाष्पीकरण इतना प्रबल होता है कि वहा पर

तापमान उस तापमान से प्रायः बहुत नीचा रहता है जितने तापमान की आशा सूर्य-ताप (insolation) के कारण से की जाती है।

वायु में जलवाष्प की मात्रा (Amount of water vapor in the air)—वायु में जलवाष्प की मात्रा स्थान-स्थान पर और समय-समय पर एक ही स्थान में भी, अति भिन्न-भिन्न होती है। किसी एक समय पर वायु मे इस मात्रा का अनुमान करने के लिए विभिन्न प्रयास किये गये है, किन्तु परिणाम भी अति भिन्न-भिन्न निकले हैं। इसकी मात्रा के विषय मे अनुमान किया गया है कि वह इतनी अधिक है कि वह वायुमण्डल के भार का लगभग १% ही ठहरेगी और यदि वह अवक्षेपित (precipitated) हो जाए तो लगभग १० सेण्टीमीटर (४ इंच) जल के तुल्य बैठेगी। यह अनुमान सम्भवतः बहुत ऊँचा है।

निम्नलिखित तालिका उस जलवाष्प की मात्रा का एक अनुमान उपस्थित करती है जो वायुमण्डल का निचला भाग तापमान की विभिन्न परिस्थितियों में धारण कर सकता है। चूँकि जलवाष्प का १/२५ भाग ही लगभग ९,००० मीटर (३०,००० फुट) से ऊपर है, अतः यह तालिका उस कुल मात्रा की जो वायुमण्डल इन तापमानों पर धारण कर सकता है, २४/२५ राशि को प्रदर्शित करती है :

भूमि से ऊपर वायु के स्तम्भ की ऊँचाई (Height of column of air above the ground)		समुद्र-तल पर निम्नांकित ओस-अंकों के लिए जल की गहराई जो सांकेतिक स्तरों के नीचे संतृप्त वायु में होगी। (Depth of water which would be in saturated air below the levels indicated, for the following dew-points at sea-level)							
		८०° फा०		७०° फा०		६०° फा०		५०° फा०	
फुट	मीटर	इंच	सेमी०	इंच	सेमी०	इंच	सेमी०	इंच	सेमी०
६,०००	१,८००	१·३	३·३	१·०	२·५४	·७	१·७७	·५	१·२७
१२,०००	३,६००	२·१	५·३३	१·५	३·८१	१·१	२·७९	·८	२·०२
१८,०००	५,४००	२·५	६·३५	१·८	४·५७	१·३	३·३	·९	२·२७
२४,०००	७,२००	२·७	६·८५	२·०	५·०८	१·४	३·५५	१·०	२·५४
३०,०००	९,०००	२·८	७·११	२·१	५·३३	१·५	३·८०	१·१	२·७९

वायु मे स्थित जल की वाष्प की मात्रा का कुछ अनुमान अन्य प्रकार से भी प्राप्त हो जाता है। ०° फा० पर वायु का एक घन मीटर जलवाष्प की लगभग २८ ग्रेन (grain), ६०° फा० पर १८६ ग्रेन और ८०° फा० पर ४०८ ग्रेन मात्रा धारण करने मे समर्थ होती है। १२ × १२ × ५ मीटर के किसी कमरे में वायु का भार ६०° फा० पर और सामान्य दबाव के नीचे, लगभग, १८०० पौण्ड होता है। जितनी जलवाष्प को यह वायु धारण करने योग्य होती है उसका भार लगभग २० पौण्ड अथवा १० क्वार्टर्स के आसपास होता है।

जलवाष्प का वितरण (Distribution of water vapor)—जैसे ही जलवाष्प वायु में प्रवेश करती है वैसे ही वह अंशतः पवनों द्वारा और अंशतः विसरण

(diffusion) द्वारा वितरित हो जाती है। अतः किसी एक स्थान पर वाष्पीकरण वायु को सभी स्थानों पर आर्द्र कर देता है, यद्यपि यह क्रिया सर्वप्रथम और अधिकतम उस प्रदेश की वायु में होती है जहाँ पर वाष्पीकरण घटित होता है।

वायु में जलवाष्प की मात्रा ऊपर की ओर शीघ्रता से कम हो जाती है मुख्यतः कम तापमान के कारण, जैसाकि निम्न तालिका में दिखाया गया है

ऊंचाई (मीटर)	जलवाष्प	वायु का घनत्व
०	१.००	१.००
४३,०००	०.२८	०.६१
१,००,०००	०.०८	०.३२

वायुमण्डलीय आर्द्रता एवं वायुमण्डलीय गतियाँ (Atmospheric moisture and atmospheric movements)—चूँकि जलवाष्प वायु को अधिक हलकी बना देती है, और चूँकि जब एक स्थान की वायु दूसरे स्थान की वायु से हलकी हो जाती है तब संचलन (movement) आरम्भ हो जाता है, अतः विभिन्न स्थानों में वायु में आर्द्रता की मात्रा में असमानता वायुमण्डलीय संचलन का एक कारण होती है।

संतृप्ति (Saturation)—किसी समय और किसी स्थान पर वायु में जलवाष्प की मात्रा वहाँ के तापमान और जल की प्राप्ति पर निर्भर होती है। वायु जितनी ही अधिक गरम होगी उतनी ही अधिक आर्द्रता वह धारण कर सकती है।

जब वायु में उतनी सम्पूर्ण जलवाष्प उपस्थित होती है जो किसी निश्चित तापमान पर सम्भव होती है तो उस वायु को **संतृप्त** (saturated) वायु कहा जाता है। वायु को संतृप्त कहने का एक चलन सा हो गया है परन्तु वास्तव में वायु संतृप्त नहीं होती बल्कि वह स्थान संतृप्त हुआ करता है जिसे वायु ने अपने अधिकार में कर लिया होता है। किसी निश्चित स्थान को संतृप्त करने के लिए आवश्यक जलवाष्प की मात्रा उस स्थान के तापमान पर निर्भर होती है और वह प्रायः वही रहती है चाहे वायु उपस्थित हो अथवा नहीं। कभी-कभी यह भी कहा जाता है कि जलवाष्प संतृप्त है। 'वायु की संतृप्ति' शब्द अशुद्ध होते हुए भी इसे सामान्य प्रयोग में आ गया है कि इसके ज्यों के त्यों ही बने रहने की सम्भावना है।

आर्द्रता और ओसांक (Humidity and dew point)—वायु नमी की जिस मात्रा को धारण करती है वह उसकी **निरपेक्ष आर्द्रता** (absolute humidity) होती है। किसी तापमान पर नमी का जो प्रतिशत वायु धारण कर सकती है उसकी तुलना में जो प्रतिशत वह रखती है उसे उसकी **आपेक्षिक आर्द्रता** (relative humidity) कहते हैं (**चित्र ४६४**)। जब वायु में आर्द्रता धारण करने की शक्ति की अपेक्षा आधी आर्द्रता होती है तब उसकी सापेक्षिक आर्द्रता ५० होती है, और जब वायु संतृप्त होती है तो उसकी आर्द्रता १०० होती है। सामान्यतः वायु को उस समय 'शुष्क' कहा जाता है जबकि उसकी सापेक्षिक आर्द्रता कम होती है, और जब उसकी सापेक्षिक आर्द्रता अधिक होती है तो उसे 'नम' कहा जाता है। स्थल

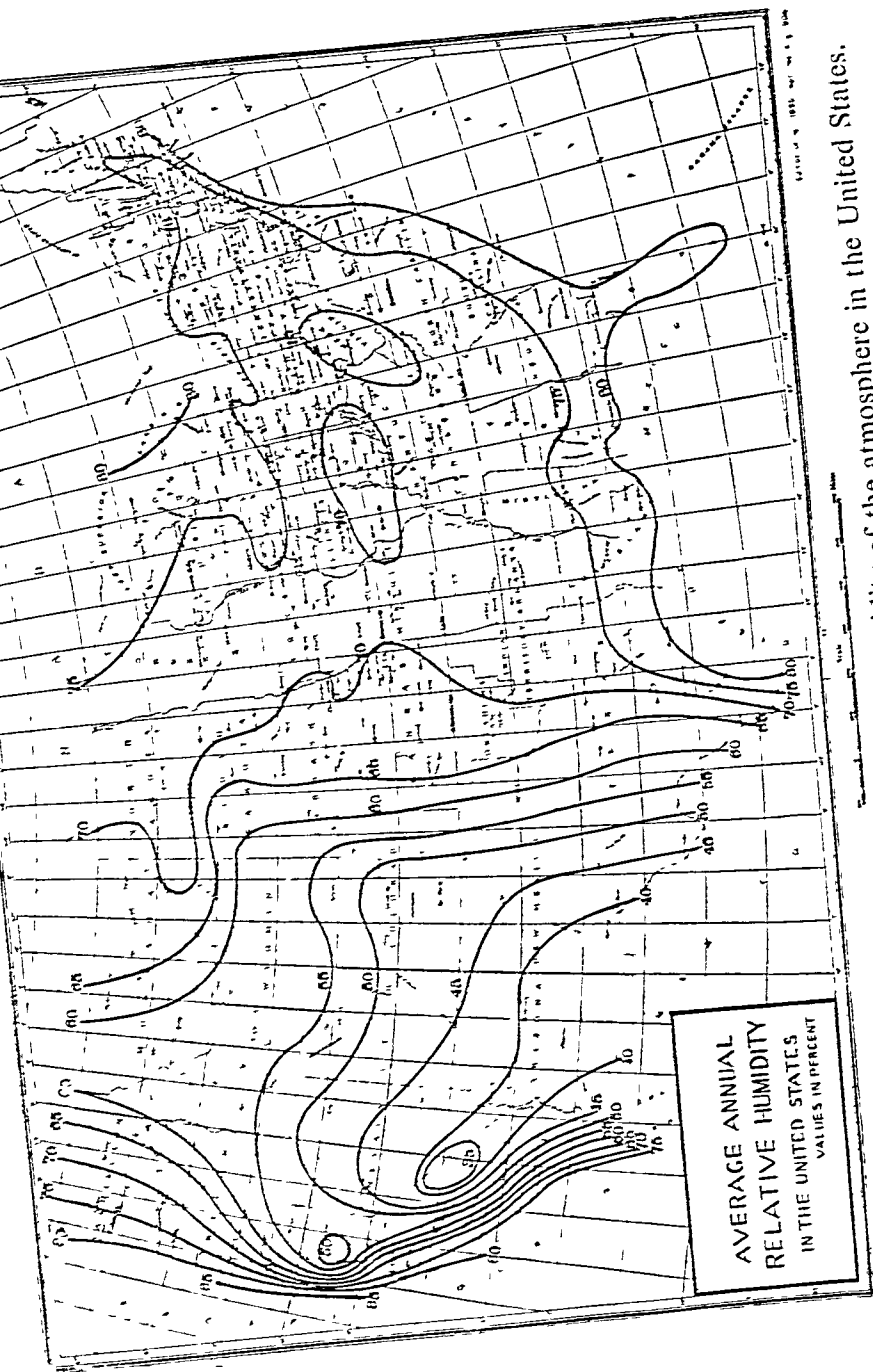



Fig. 494.—Chart showing the average annual humidity of the atmosphere in the United States.
(*Cox, U. S. Weather Bureau*)

के ऊपर वायु की सापेक्षिक आद्रता सम्भवत ६० के आसपास होती है और महासागर के ऊपर लगभग ८५, अत सम्पूर्ण वायुमण्डल मनुष्य होन की दशा से दूर है। कृषि की दृष्टि से सयुक्त राज्य का जो भाग बिना सिचाई के उपजाऊ है, वह प्रधानत वही भाग है जहाँ सापेक्षिक आद्रता ६५ से अधिक है।

शुष्क प्रदेशो मे वायु की सापेक्षिक आद्रता साधारणत जितनी अनुमान की जाती है उससे बहुत अधिक होती है। यह उन प्रदेशो की आद्रता के आधे के समान नीची शायद ही होती है जो उपजाऊ होने के लिए पर्याप्त नम होती है। जैसे, यूमा (Yuma), एरिज (Ariz) म वार्षिक औसत सापेक्षिक आद्रता ४२ ६% है, और उसका माध्य (mean) मासिक न्यूनतम ३४ ७% है। सन्ता फे (Santa Fe) मे वे ही सख्याएँ ४४ ८ और २८ ७ है और प्यूबलो मे ४६ २ और ३७ ६ हैं। डैथ वैली (Death Valley Cal) मे ५ महीनो के लिए औसत सापेक्षिक आद्रता २३ थी। ये सभी स्थान अति शुष्क प्रदेशो मे हैं।

सतृप्त वायु के तापमान की कोई कमी उसकी नमी के कुछ भाग को सघनित कर देती है। जिस तापमान पर वायु अपनी जलवाष्प को सघनन के लिए छूट देना आरम्भ करती है वह उसका ओस-अक (dew point—ओसाक) कहलाता है। अत जो वायु सतृप्त होती है वह ओसाक पर होती है। यह देखा जा सकता है कि यह बिन्दु कोई निश्चित तापमान नही होता वरन यह वायु म जलवाष्प की मात्रा से प्रभावित होता है। जब यह मात्रा अधिक होती है तो ओसाक का तापमान अपेक्षाकृत ऊँचा होता है। जब मात्रा कम होती है तो ओसाक का तापमान अपेक्षाकृत नीचा होता है।

विभिन्न विधियो से वायु को ओसाक पर लाया जा सकता है (१) वायु वहा ले जायी जा सकती है (पवन द्वारा) जहा पर तापमान नीचा होता है, जैसे कि किसी ऊँचे अक्षाश या ऊँचाई पर, (२) किसी शीतल पवन द्वारा इसके भीतर शीतल वायु का प्रवेश होने से यह शीतल हो सकती है, (३) यह विकिरण द्वारा शीतल हो सकती है, अथवा (४) विस्तार द्वारा।

सघनन (Condensation)—जब सघनन का तापमान ३२° फा० से ऊपर होता है तब वाष्प उस जल के रूप मे सघनित होती है जो साधारणत नन्ही-नन्ही बूदो का रूप ग्रहण करता है, और कुहरा अथवा बादल बनते है। यदि सघनन का तापमान ३२° से कम होता है तो सघनन क्रिया के साथ ही जल रवेदार करता (crystallizes—रवा बनता) है और हिम-कणो (ice particles) का आकार ग्रहण करता है।

सघनन एव तापमान (Condensation and temperature)—जब वायु की जलवाष्प सघनित हो जाती है तब ऊष्मा की एक मात्रा जो उसके वाष्पीकरण म ग्रहण किये गये ताप के बराबर होती है, स्वतन्त्र हो जाती है। यही कारण है कि ऊपर उठती हुई नम वायु इतनी शीघ्रता से शीतल नही होती है जितनी शीघ्रता म ऊपर उठती हुई शुष्क वायु होती है। प्रत्येक ६१ मीटर (१८२ फुट) की ऊँचाई के

लिए शुष्क वायु लगभग १° फा० शीतल हो जाती है, किन्तु ६८° फा० पर संतृप्त वायु को १° फा० शीतल होने के लिए लगभग उसकी दूनी ऊँचाई तक ऊपर उठना होगा। शीतल होने की इस अति मन्द गति का कारण वह ताप होता है जो नमी के सघनन द्वारा स्वतन्त्र होता है।

ओस एवं तुषार (पाला) (Dew and frost)—कभी-कभी ऐसा होता है कि स्थल अथवा उसके ऊपर के पदार्थो के तल का तापमान पास-पड़ोस की वायु के तापमान की अपेक्षा नीचा हो जाता है। इस दशा के आने की सम्भावना विशेषत: तब होती है जब ग्रीष्म और पतझड के अन्तिम भाग मे राते स्वच्छ होती है। उदाहरण के लिए, यदि घास का तापमान रात मे पास-पडोस की वायु के ओसाक की अपेक्षा नीचा हो जाए तो पास-पडोस की वायु से नमी घास पर सघनित हो जाएगी। यही नमी **ओस** होती है। ओस ऊपर से नही गिरती है वरन् ठोस पदार्थो के तल पर सघनित हुआ करती है। ओस का एक उत्तम उदाहरण प्राय. उस नमी से मिलता है जो किसी गरम दिन मे हिमजल (ice water) पूरित (भरी हुई) धातु पात्र के बाहरी भाग पर कभी-कभी एकत्रित हो जाती है। धातु पात्र का तापमान उसके पास-पडोस के ओसाक (dew-point) से नीचे है, अत वायु से नमी उस पर सघनित हो जाती है। मेघपूर्ण रातो की अपेक्षा स्वच्छ रातो मे ओस बनती है क्योकि दिन का ताप स्थल से उस समय अधिक शीघ्रता से विकीर्ण (radiated) होता है जबकि बादल नही रहते है। तूफानी रातो की अपेक्षा शान्त रातो मे ओस अधिक बनती है क्योकि पवने उस वायु को हटा देती है जो अपने ओसाक पर पहुँच रही होती है, और उसके स्थान पर अन्य और सूखी वायु को ला देती है।

जब ओसाक का तापमान ३२° फा० से नीचे रहता है तब वह नमी जो ठोस पदार्थो पर सघनित होती है, तुषार (frost) के रूप मे सघनित होती है। जैसे शीन (snow) जमी हुई वर्षा नही होती है, वैसे ही तुषार को भी जमी हुई ओस नही समझना चाहिए। तुषार का ओस के साथ वही सम्बन्ध होता है जो शीन का वर्षा से होता है। तुषार होने की सम्भावना घाटियो और निचले सपाट मैदानो मे पतझड की ऋतु मे समीपी पहाडियो की अपेक्षा अधिक रहती है क्योकि शीतल वायु निचले स्तरो के समीप ही स्थिर रहा करती है।

ओस, और कभी-कभी तुषार भी, पदार्थो के निचले पार्श्वो (sides) पर बन सकते है। यदि किसी कडाही की पैदी को ऊपर को करके कडाही को औंधा कर दिया जाय तो प्रात काल उसके भीतर भी ओस उसी भाँति मिलेगी जैसी कि बाहरी भाग पर। किसी चपटे (flat) पत्थर के निचले पार्श्व मे ओस मिलती है जबकि उसके ऊपरी भाग पर नही मिलती। किसी मरुस्थल मे भी यदि रबर का एक कम्बल रात मे भूमि पर बिछा दिया जाए तो प्रात काल उसका निचला भाग प्राय गीला हो जाता है। भूमि मे की वायु मे भी कुछ नमी रहती है। दिन में जब सूर्य चमकता है, यह वायु गरम होती है। रात मे भूमि के भीतर की वायु की अपेक्षा भूमि के ऊपर की वायु अत्यन्त शीघ्रता से शीतल होती है। ऊपर की अधिक भारी और शीतल वायु

तब पृथ्वी के भीतर प्रवेश करती है और नीचे की उष्ण वायु को हटाती है और उस उसके जलवाष्प के साथ ऊपर की ओर को एकत्रित करती है। शीतल कड़ाही और शीतल रबर के कम्बल तक पहुँचने पर नमी का कुछ भाग सघनित हो जाता है। यदि भूमि के ऊपर की वायु की अपेक्षा भूमि की भीतर की वायु में अधिक नमी होगी तो जलवाष्प नीचे से ऊपर को आती, चाहे वह वायु जिसके साथ यह सम्बन्धित है ऊपर को न भी आती। दिन के समय ऊपर को उठती हुई नमी कड़ाही अथवा कम्बल पर सघनित नहीं होगी क्योंकि वे (कड़ाही और कम्बल) नीचे से आने वाली जलवाष्प की अपेक्षा अधिक गरम होंगे, अत यही है कि सूर्य चमक रहा हो, किन्तु रात में उनका तापमान सघनन के योग्य नीचा होता है।

बादल और कुहरा (Clouds and fog)—वायु की जलवाष्प में सघनित जल की नन्ही-नन्ही बूँदें और हिमकण बादलों का स्वरूप ग्रहण करते हैं। इस क्रिया में सघनन वायुमण्डल के नितल के ऊपर बिना अवक्षेपण (precipitation) के होता है। और यदि सघनन वायुमण्डल के नितल पर ही होता है तो वह कुहरा (fog) का स्वरूप (३२° फा० से ऊपर के तापमान पर) और (३२° फा० से नीचे के तापमान पर) **तुषार** (frost) का स्वरूप धारण करता है। कुहरा एवं वायु तुषार (air frost) वैसे ही होते हैं जैसे कि बादल, अन्तर केवल इतना ही होता है कि बादल इनकी अपेक्षा ऊँचे होते हैं। कुहरा वास्तव में बादल ही होता है और स्थल के तल पर आश्रित रहता है। यदि नमी सघनित हो जाए और कण वायु में लटके रहें, विशेषत किसी पर्वत के शीर्ष के आसपास, तो मैदान अथवा नीचे की घाटी में देखने वाले के लिए पर्वत के आसपास बादल दिखाई पड़ेंगे। किन्तु यदि देखने वाला ऊपर चढ़कर बादल में चढ़ जाए तो उसे कुहरा दिखाई पड़ेगा। जब किसी झील के ऊपर की उष्ण वायु पतझड़ में ठण्डे स्थल के ऊपर से चलती है अथवा जब महासागर के उष्ण भाग के जल के ऊपर से वायु (उदाहरण के लिए एक उष्ण सागरीय धारा) शीतल जल के ऊपर से चलती है तो प्रायः कुहरे पैदा होते हैं। वे रात को प्रायः घाटियों में भी बन जाते हैं, विशेषत पतझड़ में जबकि रात के तापमान दिन के तापमान की अपेक्षा अति नीचे होते हैं। शीतल वायु घाटियों में गतिमान नहीं होती अत उच्च भूमि की अपेक्षा घाटियों में कुहरा होने की अधिक सम्भावना बनी रहती है।

कुहरा के कारण कभी-कभी समुद्र पर जहाज टूट जाया करते हैं और स्थल पर भी मानवीय धन्धे रुक जाते हैं। लन्दन में सन १६०५ में १० से १७ दिसम्बर तक एक लगातार और घन कुहरे के विषय में अनुमान किया गया था कि उससे नगर का प्रतिदिन १७,५०,००० डालर का व्यय किसी न किसी रूप में उठाना पड़ा था। इसमें व्यापार की रुकावट प्रधान थी। परन्तु इस प्रकार के अनुमानों को संयम के साथ ग्रहण करना चाहिए क्योंकि रुके हुए व्यापार का अधिक अंश लाभसहित बाद में पूरा कर लिया जाता है। एक घने कुहरे के कारण वाशिंगटन को लौंग आईलैण्ड (Long Island) के युद्ध के पश्चात न्यूयार्क तक पीछे हटने में सुविधा मिली थी।

वर्षी मेघ (nimbus) और पक्षाभ मेघ (cirrus) होते हैं। इन अधिक स्पष्ट स्वरूपों के बीच में विभिन्न श्रेणियां (gradations) होती हैं जो पक्षाभ कपासी मेघ (cirro cumulus), पक्षाभ स्तरी मेघ (cirro stratus), कपासी स्तरी मेघ (cumulo stratus) आदि नामों को जन्म देती हैं।

Fig 497
Fog rising and turning to cloud Mount Tamalpais, Cal (*U S Weather Bureau*)

कपासी मेघ मोटे बादल होते हैं जिनके ऊपरी तल न्यूनाधिक गुम्बद के आकार के (dome shaped) होते हैं जिनमें अनियमित और ऊन के रंग के समान प्रोद्वध (protuberances) होते हैं। उनके आधार लगभग क्षैतिज होते हैं। वे ऊपर उठती हुई संवाहन धाराओं (convection currents) द्वारा निर्मित प्रतीत होते हैं और उनके समतल आधार उस स्तर को प्रकट करते हुए होते हैं जहां पर संघनन उस समय होता है जबकि वायु ऊपर को उठती है। वे विशेषत स्वच्छ एवं उष्ण मौसम (weather) में दिखाई पड़ते हैं और सामान्यत उनका बनना दोपहर के बाद तब होता है जबकि सूर्यताप (insolation) संवाहन धाराएँ स्थापित कर लेता है। दिन की उष्मा के साथ साथ उनकी वृद्धि होती जाती है और साधारणत दिन की अधिकतम उष्मा के समय अथवा उसके पश्चात शीघ्र ही वे अपना विशालतम आकार ग्रहण करते हैं। जैसे जैसे सध्याकाल समीप आती जाती है वे प्राय छोटे होने चले जाते हैं। सूर्यास्त के पूर्व वे प्राय बिखर जाते हैं, किन्तु कभी कभी वे दूसरे प्रकार के बादलों में परिवर्तित हो जाते हैं।

स्तरी मेघ उठाये गये कुहरा की क्षैतिज चादरें होते हैं। जब पवन अथवा पर्वतों द्वारा चादरें टूट जाती हैं तो उन्हें कभी कभी खण्डित स्तरी मेघ (fracto stratus) कहते हैं।

जल बरसाने वाले, वर्षा मेघ, काले बादलों की मोटी परतों के बने होते हैं। उनका कोई निश्चित आकार नहीं होता है और उनके किनारे कटे-फटे होते हैं, जिनसे अनवरत वर्षा अथवा शीत (snow) गिरती है (चित्र ५०४)।

पक्षाभ मेघ अलग-अलग, सुकुमार और रेशेदार होते हैं। उनके बारे में प्रायः यह कहा जाता है कि उनका स्वरूप पंखों (feathers) के समान होता है। वे साधारणतः सफेद होते हैं और व्यवस्थित पट्टियों (belts) में होते हैं। वे साधारणतः ऊँचे और पतले होते हैं, और प्रायः हिम अथवा शीत के कणों से बने होते हैं (चित्र ५०४ से ५०७ तक)।

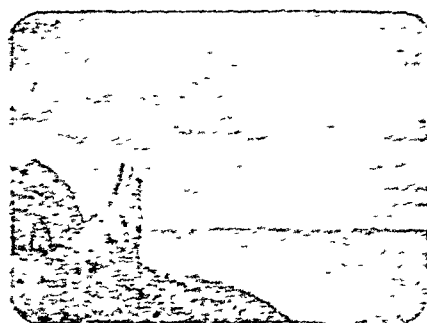



Fig. 498
Cumulus (wool-pack) clouds.
(Photo from Cloud Chart, Hydrographic Office, Dept. of the Navy)

अवक्षेपण (Precipitation)—यदि अवक्षेपण की उपज नीचे गिरती है तो वायु की जलवाष्प के अवक्षेपण से वृष्टि (rain), शीत (snow), या ओलों (hails)

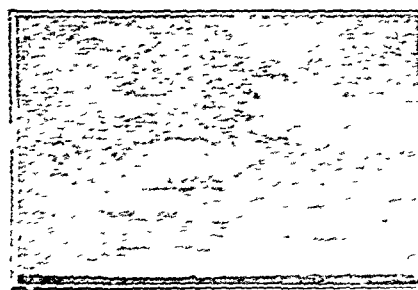
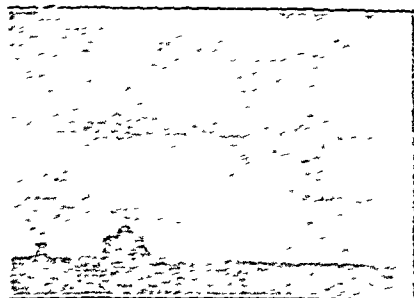



Fig. 499 Fig. 500
Fig. 499.—Cumulus clouds of the fair-weather type.
(U. S. Weather Bureau)
Fig. 500.—Spring cumulus clouds of the rain type.
(U. S. Weather Bureau)

की उत्पत्ति होती है। बादलों के निर्माण के पश्चात वास्तव में अवक्षेपण होता है कि नहीं, यह अनेक दशाओं पर निर्भर है। वृष्टि अथवा हिम उत्पन्न करने के लिए बादल में जल अथवा शीत के कण नीचे गिरने के लिए पर्याप्त भारी होने चाहिए, और उनको वायुमण्डल के निम्न तल तक पहुँचने के लिए किसी वायु के मध्य होकर नहीं आना चाहिए, जो इतनी शुष्क और गर्म हो कि उनके वायुमण्डल के निम्न तल तक पहुँचने के पहले उनका वाष्पीकरण कर दे। अवक्षेपण वृष्टि अथवा शीत का स्वरूप ग्रहण करता है; यह क्रिया केवल संघनन के तापमान पर ही निर्भर नहीं होती, वरन् उस स्थान की वायु के तापमान पर भी निर्भर होती है जहाँ पर अवक्षेपण

हाता है। अवक्षेपण जा शीत के रूप म आरम्भ हाता है, वायु के नितल तक पहुँचन स पहले जल वन सकता है। प्राय जिस समय नीचे की घाटी में वर्षा होता

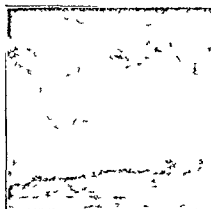



Fig 501 Fig 502

Fig 501 —Cumulus clouds, thunder heads in process of active growth (*U S Weather Bureau*)

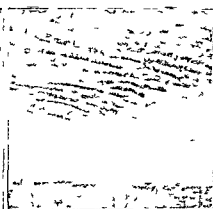



Fig 502 —Alto cumulus clouds, wave form (*U S Weather Bureau*)

है, उस समय ऊपर पवत पर हिमपात होता है। अवक्षेपण जा जल के रूप म आरम्भ हाता है नीचे उतरन म शायद ही कभी जम पाता ह।

Fig 503
Cumulus clouds broken and wind torn (*U S Weather Bureau*)

चूकि मघनन शीतल होन की क्रिया का अनुसरण करता ह और चूकि अवक्षेपण मघनन का अनुसरण करता ह अत वायु की पर्याप्त शीतल हान की क्रिया म (आसाक मे नीचे) अवक्षेपण उत्पन्न हो सकता है। निष्कर्ष यह निकलता है कि वर्षा (अथवा हिमपात) तब हाती है जबकि (१) वायु किसी ठण्ड पवतीय पाश्व के ऊपर बह (२) वायु ध्रुवा की आर बह (अथवा सामान्यत उष्ण स्थाना म शीतल स्थाना की ओर) और ऊपर को न उठती हो, (३) सवाहन के दो कारणा स ऊपर को उठे—(अ) क्योकि वह शीतल वायु के सम्पक म लाय जान पर शीतल हो जाती है और (ब) क्योकि वह फैलती है, (४) शीतल वायु उष्ण वायु के सम्पक म आती है तो (१) के कारण पवतीय प्रदेशा मे वर्षा सुलभ होती है, और (३) के कारण वहा वर्षा साधारण घटना होती है जहाँ सवाहन धाराएँ प्रबल होती हैं, जैसे कि उष्ण कटिबन्धीय प्रदेशों (regions

of tropical calms) मे, जहाँ दिन के उष्ण भाग मे प्राय प्रतिदिन अवक्षेपण होता है।

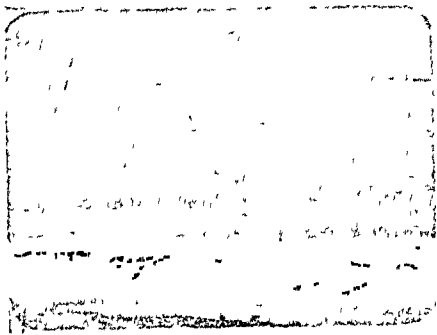



Fig. 504 Fig. 505

Fig. 504.—Cumulo-nimbus clouds. (*From Cloud Chart, Hydrographic Office, Dept. of the Navy*)

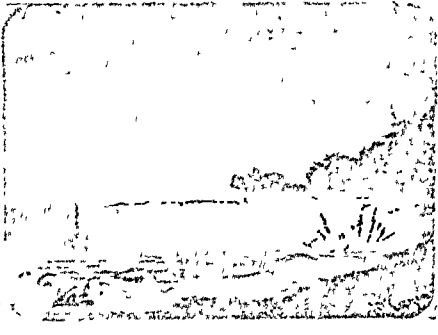



Fig. 505.—Cirrus clouds. (*From Cloud Chart, Hydrographic Office, Dept. of the Navy*)

वर्षा का वितरण अधिकाशत पवनों पर निर्भर है और उस पर बाद मे विचार किया जाएगा।

Fig 506 Fig. 507

Fig. 506.—Cirro-stratus clouds (*U. S. Weather Bureau*)

Fig. 507.—Cirro-cumulus clouds, mackerel sky (*U. S. Weather Bureau*)

वर्षा का निर्माण (Rain-making)—वर्षा को उत्पन्न करने के लिए विभिन्न कृत्रिम (artificial) साधन एव प्रयास किये गये है। ऐसी विधियाँ अनेक प्रकार की है किन्तु परिणाम प्राप्त नही हो सके है।

सारांश (Summary)—वायु समस्त आर्द्रतलो से निरन्तर नमी ग्रहण

करती रहती है। यह नमी अदृश्य वाष्प के रूप में सतत फैलती और चलती रहती है। जब यह किसी ऐसे तापमान पर पहुँचती है जो पर्याप्त नीचा है (ओसांक) तो यह सघनित हो जाती है। यदि यह ऊपरी वायु में सघनित होती है तो यह वर्षा या शीत के रूप में नीचे गिर सकती है अथवा बादल के रूप में वायु में लटकी रह सकती है, और पुनः वाष्प बन सकती है। यदि यह वायुमण्डल के नितल पर ठोस पदार्थों के तल पर सघनित होती है तो यह ओस अथवा पाला बनाती है। इस प्रकार जल वाष्प निरन्तर गतिमान रहती है, और समस्त स्थल का जीवन इस पर निर्भर करता है। कुछ जल जो वायुमण्डल में से अवक्षेपित होता है, उस तल पर गिरता है जहाँ से वह वाष्प बना था, किन्तु अधिकांश जल ऐसे स्थानों पर गिरता है जो उन स्थानों से बहुत दूर होते हैं जहाँ से वह भाप बना था।

१६

वायुमण्डलीय दाब या दबाव

(ATMOSPHERIC PRESSURE)

वायु मे तत्त्व होते है और उसमे भार होता है। इसके नीचे पड़ने वाले दबाव अथवा भार के विषय मे पहले ही कहा जा चुका है कि समुद्र-तल पर प्रति १६ वर्ग सेण्टीमीटर पर वह औसत रूप मे लगभग १५ पौण्ड होता है। वायुमण्डल के विभिन्न दबावो के अन्तर के ही कारण वायुमण्डल में गति अथवा पवने उत्पन्न होती है। वायुमण्डल के दबाव को **वायुदाबमापी** (barometer) से नापते है।

वायुदाबमापी (Barometer)—साधारण वायुदाबमापी का सिद्धान्त निम्नलिखित है .

७५ सेण्टीमीटर से अधिक लम्बी एक नली (tube) जिसका एक सिरा बन्द रहता है, पारे से भरी जाती है, फिर उस नली के खुले हुए सिरे को नीचे करके पारे से भरी हुई एक तश्तरी (dish) मे रख दिया जाता है (**चित्र ५०८**)। यदि इस यन्त्र के प्रयोग करने का स्थान समुद्र-तल के समीप है तो नली का पारा तब तक नीचे गिरेगा जब तक कि उसका ऊपरी तल तश्तरी के पारे के तल के ऊपर लगभग ७५ सेण्टीमीटर के स्तर पर न पहुँच जाए। पारा नली मे इस स्तर पर रुका रहता है क्योकि तश्तरी मे पारे के ऊपर वायु का दबाव नली मे स्थित पारे के अधोमुख (downward—औंधे) दबाव को सन्तुलित रखने के लिए पर्याप्त होता है। चूँकि समुद्र-तल की ऊँचाई पर वायु का दबाव नली मे पारे को लगभग ७५ सेण्टीमीटर ऊपर रोके रहता है, अत समुद्र-तल पर वायु का दबाव ७५ सेण्टीमीटर कहा जाता है। यदि वायुमण्डल का दबाव कम हो जाता है तो पारा नली मे नीचे उतर आता है, और यदि वह दबाव अधिक हो जाता है तो पारा ऊपर उठ जाता है।

B

A

Fig. 508
Diagram to illustrate the principle of the barometer. The pressure of the air at *A* maintains the mercury at *B* in the tube when there is no air in the tube above *B*.

समुद्र-तल से ऊपर की ऊँचाइयों पर दवाव कम होता है और जितना ही ऊपर चढ़ते जाएँ उतना ही दवाव कम होता जाता है।

समुद्र-तल से ऊपर की ऊँचाई वायुदाबमापीय दवाव द्वारा नापी जा सकती है, किन्तु, चूँकि पारे वाले वायुदाबमापी सुविधापूर्वक इधर-उधर नहीं ले जाये जा सकते हैं और सरलता से टूट सकते हैं, अत अन्य प्रकार का वायुदाबमापी जो जिसे द्रवहीन वायुदाबमापी (aneroid barometer) कहते हैं, इसी उद्देश्य के लिए बनाया गया है।

वायु असमान दाव रखती है (Air pressures unequal)—इसस पहले अध्यायों मे जिन सामान्य घटनाओं का वर्णन किया गया है वे यह स्पष्ट कर देती हैं कि वायुमण्डल का दवाव स्थान-स्थान पर भिन्न भिन्न होना चाहिए यहा तक कि एक ही स्थान पर विभिन्न समयों पर भी भिन्न भिन्न होता है। इसके कुछ कारण निम्न लिखित हैं

(१) जिस तल पर वायु आधारित होती है उसका तापमान असमान होता है, और तापमान की वृद्धि वायु का अधिक हलका बना देती है। इसके अतिरिक्त किसी निश्चित स्थान मे तापमान समय-समय पर बदलता रहता है। निष्कर्ष यह है कि किसी निश्चित स्थान पर वायु का दवाव समय-समय पर भिन्न भिन्न होता रहता है।

(२) ६८° के तापमान पर और ७५ सेण्टीमीटर के दवाव के नीचे एक घन मीटर शुष्क वायु का भार १६,४०० ग्रेन होता है। एक घन मीटर संतृप्त वायु का भार उन्हीं परिस्थितियों मे लगभग १२ ग्रेन कम होता है। सामान्यत वायु मे आद्रता की मात्रा ठण्डे प्रदेशों की अपेक्षा गरम प्रदेशों मे अधिक होती है और शुष्क प्रदेशों के ऊपर की अपेक्षा समुद्र तथा आद्र स्थलों के ऊपर अधिक होती है। चूँकि किसी विशिष्ट स्थान पर वायु में आद्रता की मात्रा समय-समय पर बदलती रहती है, अत दवाव निरन्तर विक्षुब्ध (disturbed) रहता है।

यदि वायु के दवाव का नियन्त्रित करने वाले कारण (factors) केवल तापमान और आद्रता ही होते तो निम्न अक्षांशों मे दाब न्यूनतम होना चाहिए क्योंकि वहा पर सबसे अधिक गरमी और पर्याप्त आद्रता होती है। इसी को अन्य शब्दों मे यों भी कह सकते हैं कि जहा पर समताप रेखाएँ (isotherms) उच्चतम होती हैं वहा दाब निम्नतम होना चाहिए, विशेषत आद्र प्रदेशों के ऊपर और शीतल प्रदेशों मे अधिकतम होना चाहिए क्योंकि वहा पर वायु अपेक्षाकृत शुष्क होती है। चूँकि वायुमण्डलीय दवाव का वितरण इन सामान्य नियमों से मेल नहीं खाता है, और चूँकि किसी निश्चित स्थान में दवाव के परिवर्तन तापमान और आद्रता मे होने वाले परिवर्तनों से स्वतन्त्र रूप से होते हैं अत यह निष्कर्ष निकलता है कि तापमान और आद्रता से भी भिन्न अन्य कारण वायुमण्डल के दाव को प्रभावित करते हैं।

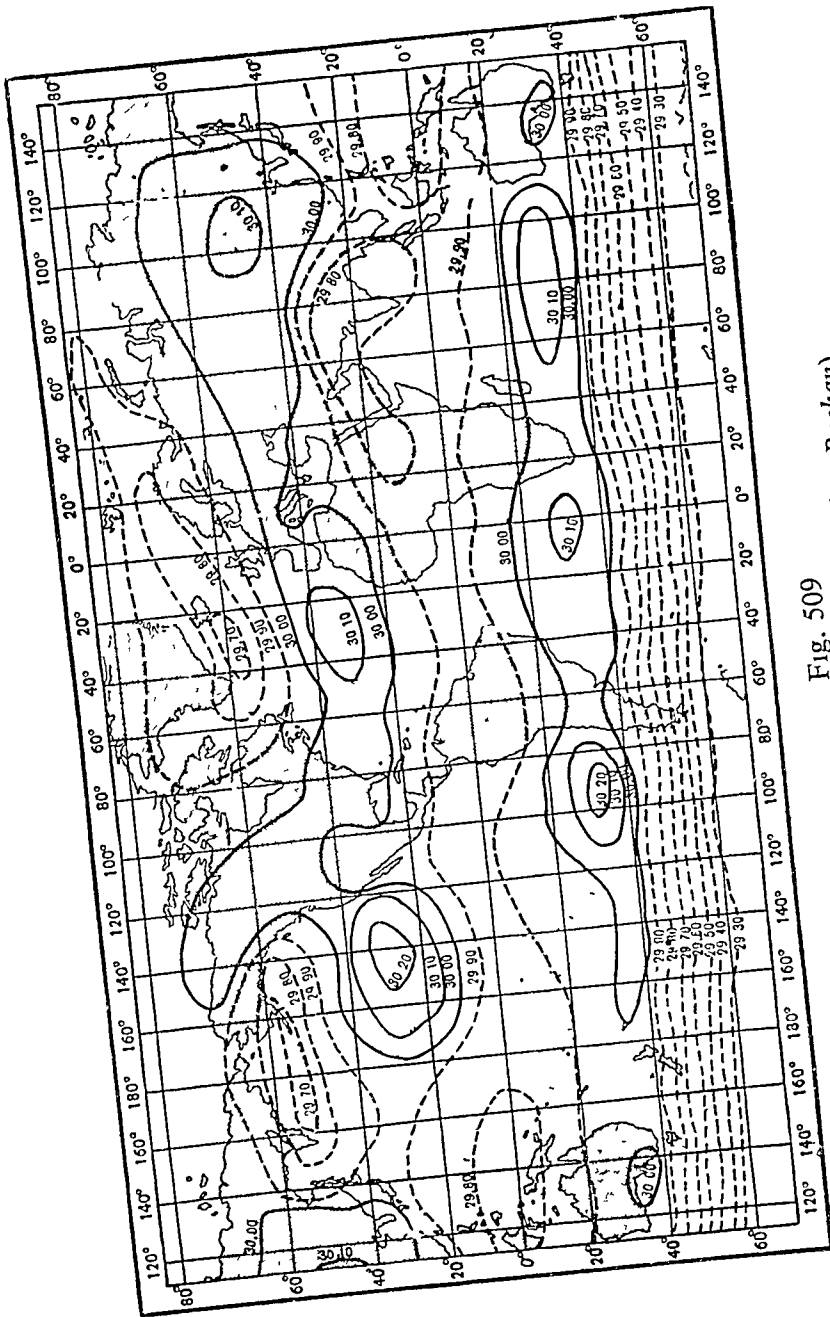



Fig. 509

Chart of annual isobars *(After Buchan)*

मानचित्रों तथा रेखाचित्रों पर दाब का प्रदर्शन
(Representation of Pressure on Maps and Charts)

समदाब रेखाएँ (Isobars)—पृथ्वी के तल पर उन बिन्दुओं को जोड़ती हुई रेखाएँ खींची जा सकती हैं जहाँ वायुमण्डलीय दबाव समान हो। इस प्रकार की रेखाओं को **समदाब रेखाएँ** कहते हैं। जो मानचित्र समान दाब की रेखाओं को दिखाता है उसे समदाबी मानचित्र अथवा रेखाचित्र कहते हैं। पूरे वर्ष के लिए एक समदाबी चार्ट (रेखाचित्र), अर्थात् एक वार्षिक समदाबी चार्ट उन समदाब रेखाओं को दिखाता है जो वर्षपर्यन्त समान औसत दाब को रखने वाले स्थानों को मिलाती हैं। एक समदाबी चार्ट अनेक ऋतुओं में से प्रत्येक ऋतु के लिए अनेक महीनों में से प्रत्येक महीने के लिए और किसी भी छोटी अवधि के लिए हो सकता है। दैनिक मौसमी मानचित्र दैनिक समदाबी चार्ट ही होते हैं।

चित्र ५०६ एक वार्षिक समदाबी चार्ट है। रेखाओं पर दी गयी संख्याएँ, इंचों में, वर्ष भर के लिए औसत दबाव को प्रकट करती हैं। ३० इंच अथवा अधिक सम दबाव की रेखाएँ पूरी रेखाएँ हैं, और ३० इंच से कम की रेखाएँ बिन्दुओं वाली रेखाएँ हैं। कुछ सुझाव मानचित्र की व्याख्या करने में सहायक होंगे। दक्षिणी गोलार्द्ध में ३० इंच (७५ सेन्टीमीटर) की समदाब रेखा एक ऐसी पट्टी को घेरता है जो लगभग पृथ्वी के चारों ओर फैली है। यह रेखा केवल आस्ट्रेलिया के निकट ही टूटती है। यह समदाब रेखा प्रकट करती है कि घिरे हुए क्षेत्र के भीतर का प्रत्येक स्थान ३० इंच से अधिक औसत वायुमण्डलीय दबाव रखता है जबकि ३०.०० इंच और ३०.१० इंच की समदाब रेखाओं के बीच का प्रत्येक स्थान ३०.०० इंच और ३०.१० इंच के बीच औसत वार्षिक दाब प्रकट करता है। अटलाण्टिक महासागर के भूमध्यरेखीय भाग में २९.९० की दो आसन्न (adjacent) समदाब रेखाओं के बीच का दबाव २९.९० इंच की अपेक्षा कम है किन्तु इतना नीचा भी नहीं है जितना कि २९.८० इंच का है। यदि यह दबाव २९.८० इंच तक आ जाता तो वहाँ पर २९.८० इंच वाली समदाब रेखा ही होती।

यह देखा जा सकता है कि दक्षिणी अटलाण्टिक में ३०.१० इंच की समदाब रेखाओं से घिरे हुए क्षेत्रों के भीतर दाब ३०.१० की अपेक्षा अधिक है, जबकि मध्य अटलाण्टिक की आसन्न २९.९० की समदाब रेखाओं के बीच दाब २९.९० की अपेक्षा कम है। इस अन्तर की व्याख्या में यह ध्यान रखना चाहिए कि चूंकि ३०.१० की समदाब रेखा बाहर से आती है, अतः दाब बढ़ रहा है, और चूंकि २९.९० की समदाब रेखा ध्रुव की ओर से आती है, अतः दबाव कम हो रहा है। इसी सिद्धान्त की प्रयोग द्वारा व्याख्या की जाएगी।

समदाबी चार्टों की व्याख्या में एक अन्य बात को भी समझ लेना चाहिए। बढ़ती हुई ऊँचाई के साथ-साथ वायुमण्डल का दबाव कम होता जाता है जैसा कि सामान्य तौर पर अध्याय १२ में दिये गये तथ्यों द्वारा दिखाया गया है। इसे अधिक

विस्तारपूर्वक निम्नलिखित तालिका मे दिखाया गया है, जिसमे किसी स्तम्भ की ऊँचाई विभिन्न तापमानो पर दबाव के ० १ इंच के अनुसार दिखायी गयी है .

वायु दाब इचो मे Air Pressure in inches	औसत तापमान फारेनहाइट के अशो मे Average Temperature in Degrees Fahrenheit						
	२०°	३०°	४०°	५०°	६०°	७०°	८०°
	फुट	फुट	फुट	फुट	फुट	फुट	फुट
२२	११६	११९	१२२	१२४	१२७	१३०	१३२
२३	१११	११४	११६	११९	१२४	१२४	१२६
२४	१०६	१०९	१११	११४	११६	१२१	१२१
२५	१०२	१०५	१०७	१०९	११२	११४	११६
२६	९८	१०१	१०३	१०५	१०७	११०	११२
२७	९४	९७	९९	१०१	१०३	१०६	१०८
२८	९१	९३	९५	९८	१००	१०२	१०४
२९	८८	९०	९२	९४	९६	९८	१००
३०	८५	८७	८९	९१	९३	९५	९७

उदाहरण के लिए, यदि कोई व्यक्ति समुद्र-तल से २९ मीटर (९५ फुट) ऊपर चढ जाए जहाँ तापमान ७०° फा० और दबाव ३० इच हो तो वायुमण्डल का दबाव एक इच पर ० १ कम हो जाता है। किसी तल पर जहाँ दबाव केवल २८ इच होता है (समुद्र-तल से १८०० फुट अथवा ६०० मीटर ऊपर वहाँ दबाव को इच के ० १ भाग को कम करने के लिए १०२ फुट अथवा ३१ मीटर ऊपर चढना आवश्यक होगा।

यह स्मरण रखना चाहिए कि किसी समतापीय चार्ट के ऊपर दिखाये गये तापमान वे वास्तविक तापमान नही होते है जो देखे गये है वरन् समुद्र-तल से ऊपर की ऊँचाई के लिए छूट दी जाती है। इसी प्रकार किसी समदावी चार्ट पर दिखाये गये दबाव वास्तविक दबाव नही होते जो किसी स्थल पर समदावमापी द्वारा देखे जाते है। चार्ट के वे दबाव समुद्र-तल की ऊँचाइयो को ध्यान मे रखकर बनाये जाते है। किसी समदावी चार्ट के ऊपर वायु दाब का अकन करने से पहले समुद्र-तल से ९५ फुट अथवा २९ मीटर ऊपर के किसी स्थान के देखे गये वायुमण्डलीय दाब मे, जब तापमान ७०° फा० होता है, एक इच का ० १ जोड दिया जाता है, यदि अवलोकित (देखा गया) दाब ३० इच रहा हो। यदि तापमान पर्याप्त नीचा हो तो कम ऊँचाई के लिए ० १ इच जोड दिया जाएगा क्योंकि शीतल वायु अधिक भारी होती है। जैसे कि ४०° फा० के तापमान पर ८९ फुट अथवा २७ मीटर की ऊँचाई वायुमण्डल के दबाव मे ० १ इच का अन्तर उपस्थित कर देती है।

समदाब तल (Isobaric surfaces)—कोई समदाब तल समान दाब रखने वाले स्थानो को जोडता है, अर्थात् जिन स्थानो के ऊपर वायु की समान मात्रा रहती है। उदाहरण के लिए, यदि समुद्र-तल पर किसी स्थान पर दबाव ३० इच है और दूसरे पर दबाव २९ ८० इच है, तो ३० इच का समदाब तल उस स्थान पर समुद्र के तल से नीचे चला जाएगा जहाँ समुद्र-तल पर दबाव केवल २९ ८० इच है। यदि

उस स्थान का तापमान ७०° फा० है तो उस स्थान पर जहा तल पर दाव २९ ८० है, समुद्र तल से नीचे लगभग ४७ मीटर (१६० फुट) नीचे उतरना आवश्यक होगा ताकि वह स्तर प्राप्त हो सके जहा दाव ३० इच है। यदि समुद्र तल पर किसी अन्य स्थान पर देखा गया दाव ३० १० इच है तो वहा ३० इच का समदाव तल समुद्र तल से ऊपर उठ जाएगा। इन सम्बन्धो को चित्र ५१० और ५११ म दिखाया गया है। चित्र ५१० मे समदाबी रेखाओ की एक माला है जिसमे दवाव ३० ०० से २९ ७० इच तक चलता है, चित्र ५११ समदाब तलो को दिखाने के लिए एक ऐसे क्षेत्र म एक ऊर्ध्वाधर काट (vertical section) है। इन चित्रो से यह देखा जा सकता है कि समदाब रेखाएँ (चित्र ५१०) व रेखाएँ होती है जहा समदाब-तल समुद्र-तल के समतल (plane) को काटते है।

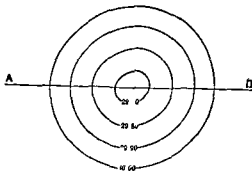



Fig 510
A series of isobaric lines showing diminishing pressure toward the centre

यदि जल का कोई तल वह आकृति रखता जो चित्र ५११ मे दिखायी गयी है तो जल उच्च भागो से निम्न भागो की ओर को तब तक बहता जब तक कि तल एक स्तर पर न आ जाता। वायु जो जल की अपेक्षा अधिक तरल है, जल की तरह का ही व्यवहार करती है और उस प्रत्येक समदाव तल से नीचे की ओर को गतिमान हो जाती है जिसम ढाल होता है। वायु की ऐसी गतियो को पवन (winds) कहते है। जब समदाबी ढाल विशाल होता है अथवा अन्य शब्दो म, जबकि समदाबी प्रवणता (isobaric gradient—समदाबी ढाल) उच्च होती है तो पवन मन्द होती है, और जब समदाबी प्रवणता (gradient—ढाल) होता ही नही है, अथात जब समदाबी तल समतल होता है तो पवन नही बनती है। जिस कारण से कोई तीव्र नदी तीव्र हो जाती है, बहुत कुछ उसी कारण से प्रबल पवन प्रबल हो जाती है और जिस कारण से कोई मन्द नदी मन्द होती है, अधिकतर उसी कारण से ही मृदुल पवन भी मृदुल होती है।

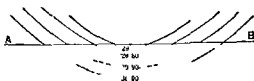



Fig 511
Section through the area represented in *Fig 510, showing the position of isobaric* surfaces As the pressure toward the centre of the area shown in Fig 510 diminishes, the isobaric surface bends downward It will be seen that isobaric lines are the lines where isobaric surfaces cut sea level

समदावी चार्टो का उच्चतम महत्त्व पवनो की दिशा और शक्ति को दिखाने मे है और पवनों का निर्धारण समदाब तलों से होता है। किसी निश्चित स्थान की पवनों के विपय मे जानने के लिए, हमे उसी तल के आसन्न (adjacent) क्षेत्रों के दवावों की तुलना करनी चाहिए। उदाहरण के लिए, पाइक्स पीक (Pike's Peak) के शीर्ष पर का दवाव उसी-ऊँचाई पर डेनवर (Denver) के ऊपर के दाव की तुलना में कैसा है, यह वात महत्त्वपूर्ण है। चित्र ५१२ में A और B पर के दवावो का सम्बन्ध महत्त्वपूर्ण है, A और D के वीच के दवावो का सम्बन्ध नही। यदि A स्थान का समदाव तल एक समतल के रूप मे B तक विस्तृत है तो दोनो स्थानो के वीच पवन नही चलेगी क्योंकि समदाव तल मे ढाल नही है। अत यह निश्चित करने के लिए कि पवनें कैसी होगी, हमे समान तल पर दावो की तुलना करनी चाहिए। इसी कारण से समदावी चार्टो मे समस्त समदाव रेखाएँ समुद्र-तल पर लायी जाती है।

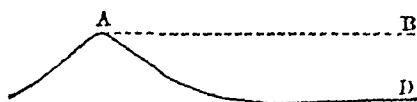



Fig. 512
It is the atmospheric pressure *at the same level in adjacent areas* which determines movements of air.

समदाव रेखाओं के मार्ग (The courses of isobars)—**चित्र ५०९** को पुन देखने पर अनेक वातों को सरलता से देखा जा सकता है—(१) समदाव रेखाओं का मार्ग सामान्यत पूर्व-पश्चिम होता है, यद्यपि उनमे से अनेक अनियमित होती है; (२) सामान्यत. वे उच्च अक्षाणो की अपेक्षा निम्न अक्षाशों मे ऊँची होती है; (३) उष्ण कटिवन्ध के ठीक वाहर के अक्षाशो मे वे सबसे ऊँची होती है; (४) उत्तरी गोलार्द्ध की अपेक्षा दक्षिणी गोलार्द्ध मे वे अधिक नियमित होती है; और (५) सामान्यत. समुद्र की अपेक्षा स्थल पर वे अधिक अनियमित होती है।

समदाव रेखाएँ और समानान्तर रेखाएँ (Isobars and parallels)—यद्यपि अनेक समदाव रेखाएँ अति अनियमित होती हे तथापि उनके सामान्य मार्ग पूर्व-पश्चिम ही होते है और उनमे से कोई भी किसी उल्लेखनीय दूरी तक उत्तर-दक्षिण का मार्ग नही वनाती। इस विपय में वे सामान्य रूप मे समताप रेखाओ के ही अनुसार होती है (**चित्र ४७३**)।

अव हमे इस वात को ज्ञात करना है कि सामान्यत समदाव रेखाएँ समानान्तर रेखाओ (अक्षाणो) के साथ-साथ क्यो चलती है।

यह पहले ही देखा जा चुका है कि समताप रेखाएँ समानान्तरो के साथ ही साथ चला करती हैं। क्या अक्षाश, अथवा तापमान का वितरण, अधिकाशत अक्षांश द्वारा निर्धारित, दवाव को प्रभावित करता है, और इस प्रकार समदाव रेखाओ की स्थिति निश्चित करता है? अथवा क्या कोई अन्य कारण है जो उनकी स्थिति को नियन्त्रित अथवा प्रभावित करता है?

उच्च अक्षाणो की अपेक्षा निम्न अक्षांशो के तापमान उच्च हुआ करते है, और तापमान की वृद्धि वायु के विस्तार को वढा देती है और उसे (वायु को) हलका

(२) **चित्र ५१३** और ५१४ से यह देखा जा सकता है कि जनवरी और जुलाई के दाब के बीच का अंतर अन्य किसी स्थान की अपेक्षा एशिया मे अधिक है, अंतर की अधिकतम सीमा १ इंच है। उत्तरी अमरीका और दक्षिणी अफ्रीका मे यह अंतर लगभग १ इंच का ० ४० भाग है, जबकि यूरोप और दक्षिणी अमरीका मे यह और भी कम है। **दाब का ऋतु सम्बन्धी सीमांतर** (seasonal range of pressure) **स्थल के विशाल क्षेत्रो पर लघु क्षेत्रो की अपेक्षा अधिक है।** यह ध्यान देने की बात है कि यह निष्कर्ष तापमान के मौसमी परिवर्तनो के साथ समान रहता है (**चित्र** ४७४ और ४७५ की तुलना कीजिए), और समदाब रेखाओ और समताप रेखाओ के मध्य घनिष्ठ सम्बन्ध का एक और अन्य प्रमाण है।

(३) यह ध्यान देने की बात है कि जनवरी मे उत्तरी गोलार्द्ध मे उच्च दाब की पेटी का केन्द्र ३०° अक्षाश अथवा उससे थोडा ऊपर है, और स्थल पर उत्तर की ओर को पेटी के विशाल विस्तार है। उसी समय पर दक्षिणी गोलार्द्ध मे उच्च दाब की पेटी का केन्द्र लगभग २५° अक्षाश मे है। दूसरी ओर जुलाई मे उत्तरी गोलार्द्ध मे उच्च दाब की पेटी का केन्द्र लगभग ३५° अक्षाश मे और दक्षिणी गोलार्द्ध मे लगभग ३०° अक्षाश मे है। अर्थात् **उच्च दाब की पेटियो के केन्द्र सूर्य की स्पष्ट गति के साथ एक रूप मे स्थान परिवर्तन करते हैं।**

(४) यह भी ध्यान देने की बात है कि समुद्र के ऊपर दाब की ऋतु सम्बन्धी विभिन्नता सामान्यत उतनी अधिक नही है जितनी कि वह स्थल के ऊपर है। तापमान का ऋतु सम्बन्धी परिवर्तन समुद्र के ऊपर भी कम है, (**चित्र ४७४** और **४७५** की तुलना कीजिए)।

(५) प्रत्येक गोलार्द्ध मे उच्च दाब (३० इंच से अधिक) की पेटी ग्रीष्म (जुलाई उत्तरी गोलार्द्ध और जनवरी दक्षिणी गोलार्द्ध मे—**चित्र ५१३** और **५१४**) मे अत्यधिक संकुचित ही नही होती वरन् प्रत्येक गोलार्द्ध मे स्थल पर टूटी हुई भी है। इससे प्रकट होता है कि समुद्र और स्थल के सम्बन्ध दबाव को प्रभावित करते है। चूंकि समुद्र और स्थल तापमान को प्रभावित करते है, अत दाब के ऊपर उनका प्रभाव, तापमान के ऊपर उनके प्रभाव का केवल एक परिणाम हो सकता है।

तापमान और समदाब रेखाओ के मध्य एक स्पष्ट सम्बन्ध है, किन्तु यह भी स्पष्ट है कि तापमान समदाब रेखाओ द्वारा दिखाये गये दाबो के वितरण की पूर्ण व्याख्या नही कर पाता है। उष्ण कटिबन्धो से बाहर उच्च दाबो की और उच्च अक्षाशो मे निम्न दाबो की व्याख्या जो एक ऐसी विशेषता है जो सभी चार्टों पर दिखाई पडती है, तापमान मे नही मिलती है।

समदाब रेखाएँ एवं आर्द्रता (Isobar and humidity)—हम देख चुके है कि जलवाष्प वायु को हलकी कर देती है। क्या उष्ण अक्षाशो मे महासागर के ऊपर समदाब रेखाएँ उन्ही स्थानो पर निम्नतम है जहा पर वायु औसत रूप मे अधिकतम आर्द्रता रखती है? **चित्र ५१२, ५१३** और **५१४** प्रकट करते है कि स्थिति ऐसी नही होती है। अत यह परिणाम निकालना उचित ही है कि **वायु मे आर्द्रता की**

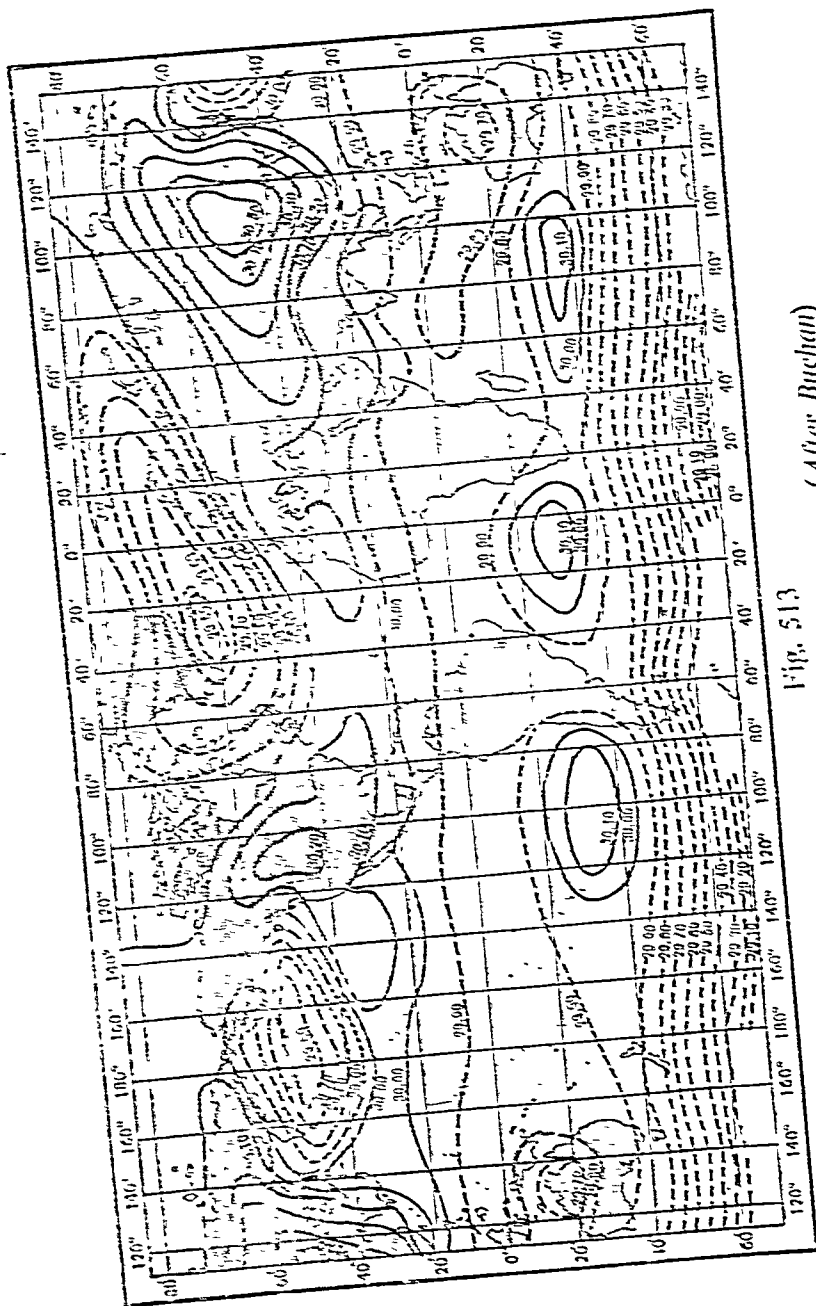



Fig. 513

Chart of isobaric lines for January. (*After Buchan*)

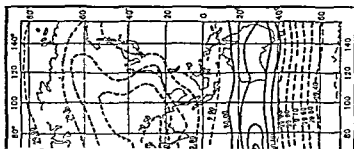



Fig 514
Chart of isobaric lines for July (After Buchan)

मात्रा समदाब रेखाओं के नियन्त्रण में प्रधान कारण नहीं होती है, यद्यपि वायुमण्डलीय नमी को वायुमण्डलीय दाब को प्रभावित अवश्य करना चाहिए।

वायु मे तापमान और आर्द्रता की असमानताएँ ही एकमात्र वे कारण है जो अब तक के अध्ययन के अनुसार समदाब रेखाओ को प्रभावित कर सकते है; और चूँकि वे वायुमण्डलीय दाब के वितरण मे सबसे अधिक ध्यान देने योग्य विशेषता कि निम्न अक्षांशो मे उच्च दबाव होता है, को स्पष्ट नही कर पाते है, अत: हम इस परिणाम पर पहुँचते है कि तापमान और नमी के अतिरिक्त कोई अन्य कारण उनकी व्याख्या मे होना आवश्यक है।

उच्च दाब की पेटियाँ (The high pressure belts)—उच्च अक्षांशो की अपेक्षा निम्न अक्षांशों मे उच्च दाब और उष्ण कटिबन्धो के ठीक बाहर की ओर उच्चतम दाबो की व्याख्या समदाबी चार्टो पर नही मिलती है। दाब के वितरण की ये विशाल विशेपताएँ सम्भवत. परिभ्रमण (circulation) के प्रभाव के भीतर वायुमण्डल के सामान्य सचार द्वारा स्पष्ट की जा सकती है। इस बात से सम्बन्धित कतिपय कारण नीचे दिये जा रहे है।

भूमध्यरेखीय कटिबन्ध मे वायु तपती है और फैलती है। जब वह फैलाव की क्रिया द्वारा ऊपर उठती है तो उसे उत्तर-दक्षिण की ओर फैलना चाहिए। यदि फैलाव वायुमण्डल को नितल से लेकर शीर्ष तक के मार्ग भर मे प्रभावित करता है तो (**चित्र ५१५**) के अनुसार भूमध्यरेखीय कटिबन्ध में वायुमण्डल के शीर्ष से दोनो ओर को वायु बाहर की ओर फैलेगी; इस फैलाव का कारण वही होता है जो किसी टीले (mound) अथवा कटक (ridge) के शीर्ष से जल के लुढकने का होता है। किन्तु तापन (heating) द्वारा वायु का फैलाव मुख्यत: वायु के निचले भाग में होता है। जब निचली वायु फैलती है तो वह अपने ऊपर की वायु को ऊपर की ओर धकेलती है। नितल पर की वायु का दबाव, ऊपर अपवाह (out flow) होने से पहले, कम नही होता है, किन्तु ऊपर किसी स्थान पर का दबाव, मान लो कि प्रभावशाली तापन की ऊपरी सीमा पर, बढ जाता है, क्योंकि उस स्तर के ऊपर अब वायु का एक विशाल भाग एकत्रित हो चुका होता है। इस तथ्य को **चित्र ५१५** और **५१६** द्वारा प्रकट किया गया है। **चित्र ५१५** तापन के कटिबन्ध के ऊपर वायु के एकत्रित होने को प्रकट करता है, और **चित्र ५१६** उन समदाबी ढलानो (slopes) को प्रकट करता है जो वायु के एकत्रीकरण के परिणामस्वरूप उत्पन्न होते है। वायुमण्डल के

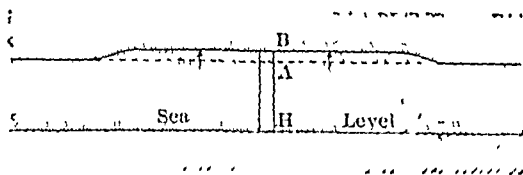



Fig. 515
Expansion of the lower air as a result of heating, crowds the air above, and so increases its density and pressure, as compared with the density and pressure of air *at the same level* outside the heated area.

नितल के अतिरिक्त, समदाबी तल (isobaric surfaces) भूमध्यरेखीय कटिबन्ध से दोना ओर नीचे की ओर को ढलवा होत है, और वायु सदैव किसी समदाबी तल से नीचे को वहा करती है। अत वह फैली हुई वायु तप हुए भूमध्यरेखीय कटिबन्ध से ऊपर को उठती है और चित्र ५१७ के अनुसार वायुमण्डल के नितल से ऊपर किसी तल से समदाबी तल से नीचे ध्रुवा की ओर बहने लगती है। भूमध्यरेखीय कटिबन्ध मे कुछ वायु ध्रुव की ओर बहती है तो भूमध्यरेखीय कटिबन्ध के नितल पर दाव कम हो जाता है, क्योकि ऊपर वायु की मात्रा कम हो जाती है। साथ ही साथ भूमध्यरेखीय कटिबन्ध के दोनो पार्श्वों पर दाव बढ जाता है, क्योकि वहा पर वायु की मात्रा बढ जाती है।

(२) जब भूमध्यरेखीय कटिबन्ध की वायु फैलती है तो वह पार्श्वों एव ऊपर दोना ओर को धक्का देती है, और इस प्रकार जिस कटिबन्ध मे फैलाव होता है उसके बाहर वायु को सपीडित कर (compressed—दबा) दिया करती है।

B
A
Sea H Level

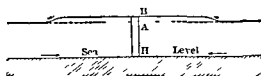



Fig 516
The condition of things represented in Fig 515 gives rise to movements of air

भूमध्यरेखीय कटिबन्ध मे वायु का बाहर की ओर बहना और सकुलन (crowding) दोनो ही प्रधान तापा के कटिबन्ध से बाहर वायु का दबाव बटा दिया करते हैं, किन्तु वे इस बात को स्पष्ट नही करते है कि अधिकतम दाब के कटिबन्ध मे ३०° अथवा उससे कुछ ऊपर के अक्षाश म क्या होना चाहिए।

उच्च दाब पटिया के परिणामस्वरूप उष्ण कटिबन्धीय अक्षाशा की बाहरी सीमा पर उत्पन्न नितल पर की वायु की गति उनको स्थिर रखती है। उनसे ध्रुव की ओर चलने वाली वायु उत्तरी गोलार्द्ध म अपनी दाहिनी ओर और दक्षिणी गोलार्द्ध म बायी ओर को मुड जाती है, और दोना गोलार्द्धों मे पछुवा पवन बन जाती है। इन दोना ही दशाओ मे यह मुडाव (turning) इन पवना को अपनी गति की दिशाओ के भूमध्यरेखीय पार्श्वों की ओर एकत्रित होने के लिए बाध्य करता है। इससे उच्च दबाव पटिया मे उनके ध्रुव की ओर के पार्श्वों पर सकुलन द्वारा दाब को स्थिर रखने और बढाने मे सहायता मिलती है।

उच्च दाब की बाहरी उष्ण कटिबन्धीय पटिया (extra tropical belts) के निश्चित हो जाने पर विभिन्न अनियमितताएँ और एक ऋतु से दूसरी ऋतु म होने वाले दबाव के परिवर्तन, जैसा कि समदाब चार्टों द्वारा दिखाया गया है, मुख्यत तापमान के अन्तरा द्वारा समझाये जा सकते है।

निम्न दबाव के स्थायी क्षेत्र (Permanent areas of low pressure)—चित्र ५०६ उत्तरी प्रशान्त और उत्तरी अटलाण्टिक महासागरा मे निम्न दाब के क्षेत्रो को प्रकट करता है। जनवरी के चार्ट (चित्र ५१३) पर ये निम्न दाब के क्षेत्र और

भी अधिक स्पष्ट है, और जुलाई के चार्ट (चित्र ५१४) पर केवल मन्द रूप मे अकित है। ऐसे निम्न दाब के क्षेत्र दक्षिणी गोलार्द्ध मे नही है। उन क्षेत्रो के वहाँ होने की कोई सन्तोषजनक व्याख्या नही दी गयी है।

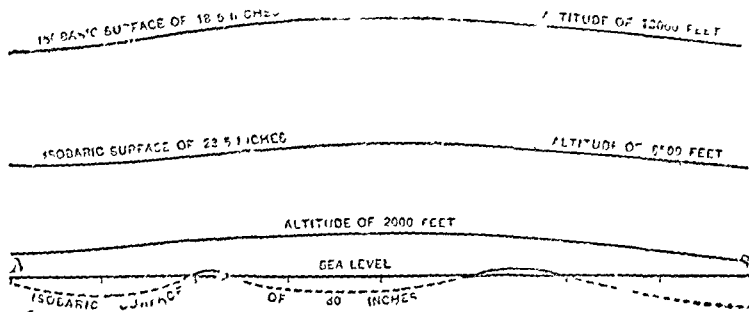



Fig. 517

Slope of isobaric surfaces along meridians at various altitudes
(*After Waldo*)

दाब की अस्थायी एवं स्थानीय विभिन्नताएँ (Temporary and local variations of pressure)—दाब की अनेक विभिन्नताएँ ऋतु सम्बन्धी, अथवा मासिक समदाबी चार्टो पर भी, नही दिखायी जाती है, यद्यपि वे दैनिक मौसम के मानचित्रो पर दिखाई पडती है। इनका अध्ययन अगले अध्याय मे किया जाएगा। दाब की ऐसी विभिन्नताएँ भी होती है जो दैनिक मानचित्रो पर दिखाई नही पडती है। उनमे दैनिक विभिन्नताएँ प्रमुख होती है, जो सम्भवत तापमान के दैनिक अन्तर के कारण उत्पन्न होती है, जैसे कि लगभग १० बजे दिन और १० बजे रात को दैनिक विभिन्नताएँ अधिकतम और लगभग ४ बजे शाम और ४ बजे प्रात काल ये विभिन्नताएँ न्यूनतम होती है। इन दैनिक परिवर्तनो का विस्तार एक इच के ०·०१ से ०·१५ भाग तक होता है और अधिकतम अन्तर निम्न अक्षाशो मे रहा करता है।

१७

वायुमण्डल का सामान्य सचार (परिसचरण)

(GENERAL CIRCULATION OF THE ATMOSPHERE)

प्रचलित और सामयिक पवनें
(Prevailing and Periodic Winds)

वायुमण्डलीय दबाव की असमानताओं में वायुमण्डलीय गतियाँ भी शामिल रहती हैं। चूँकि वायुमण्डलीय दबाव असमान होते हैं, और असमानताओं का नवीनीकरण (renew) करने वाली विधियाँ निरन्तर काम करती रहती हैं, अत गतियाँ सदा चलती रहती हैं। असमान सूयताप वायु की सम अवस्था में बाधा डालने वाला सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण कारण है, इसी कारण से वायु में गतियाँ उत्पन्न होती हैं और गतियों की प्रारम्भिक दिशाओं का निर्धारण होता है, किन्तु वायु में एक बार गति उत्पन्न हो जाने पर वायु की गतियों पर पृथ्वी के परिभ्रमण (rotation) का पर्याप्त प्रभाव पड़ता है। चूँकि सूयताप का अधिक भाग सदा उसी सामान्य कटिबन्ध में रहता है, और पृथ्वी का परिभ्रमण सदैव एक ही दिशा में रहता है, अत सूयताप और परिभ्रमण द्वारा उत्पन्न और सचालित वायु की गतियाँ क्रमबद्ध हैं, परिणामस्वरूप, वायुमण्डल में सामान्य गतियाँ होती रहती हैं।

यह ध्यान रखना चाहिए कि वायु का सचार (गति) सदैव एक ही स्तर पर अधिक दाब के प्रदेश से कम दाब के प्रदेश की ओर होता रहता है, दूसरे शब्दों में, यह गति किसी वायुदाबमापीय (barometric) अथवा समदाबी (isobaric) ढाल के नीचे की ओर होती रहती है। लोग प्राय कहा करते हैं कि "पवन उधर को ही बहा करती है जिधर का उसकी इच्छा हुआ करती है।" यह उक्ति केवल इस अर्थ में सत्य है कि वायु सदैव अधिकतम समदाबी ढाल पर पहुँचने के बाद नीचे की ओर बहने की इच्छा करती है। इसके विपरीत, जहाँ ढाल नहीं होता है, वहाँ वह बहने की इच्छा नहीं करती है।

असमान सूयताप के सामान्य प्रभाव
(The General Effect of Unequal Insolation)

यदि सम्पूर्ण पृथ्वी पर वायु निम्न तीन दशाओं में सम अवस्थाओं में होती—(१) एक ही रूप में (at a uniform), (२) निम्न तापमान, और (३) सूय द्वारा कुछ समय तक क्षतिज गति के बिना ही (without involving horizontal movement) तप्त की होती—तो परिणाम यह होता कि उन सम्पूर्ण क्षेत्रों के ऊपर,

जहाँ उसके तापमान में वृद्धि होती, वायु का तल ऊँचा उठ जाता, और वहाँ पर सबसे अधिक ऊँचा उठता जहाँ वह सबसे अधिक तपता, अर्थात् निम्न अक्षांशो में (चित्र ५१७)। जैसा कि पिछले अध्याय में संकेत किया गया है कि इसके परिणामस्वरूप भूमध्यरेखीय प्रदेश से ध्रुवों की ओर एक वायुदावमापीय (barometric) ढाल की वही स्थापना होती जो वायु के ध्रुव की ओर की गति के लिए आवश्यक स्थिति हुआ करती है।

चूँकि उच्च अक्षांशों की अपेक्षा निम्न अक्षांशों मे वायु सदैव अधिक सफलतापूर्वक गरम होती रहती है,[1] अतः दोनों गोलार्द्धों में भूमध्यरेखीय कटिबन्ध से ध्रुवीय कटिबन्धों तक वायु के नितल से ऊपर, गति को अनिवार्य रूप में निरन्तर समान रहना चाहिए। वायु की ये ध्रुव की ओर की गतियाँ निम्न अक्षांशों में वायुमण्डल के नितल पर दवाव को कम कर देती हैं, क्योंकि उस कटिबन्ध से वायु बाहर को चली गयी होती है। इस प्रकार भूमध्यरेखीय प्रदेश में जब दवाव कम हो जाता है, तो वायुमण्डल के नितल पर भूमध्यरेखा की ओर एक वायुदावमापीय ढाल (barometric gradient) उत्पन्न हो जाता है (चित्र ५१८), और तब उच्च अक्षांशों से भूमध्यरेखा की ओर वायु का आना आवश्यक हो जाता है। अतः यहाँ हमें सामान्य सचार के दो तत्त्व मिलते हैं—(१) ऊपर की वायु में ध्रुव की ओर की गति, और (२) निचली वायु मे भूमध्यरेखा की ओर की गति; और जो कारण इन गतियो को उत्पन्न करते हैं वे निरन्तर क्रियाशील रहते है।

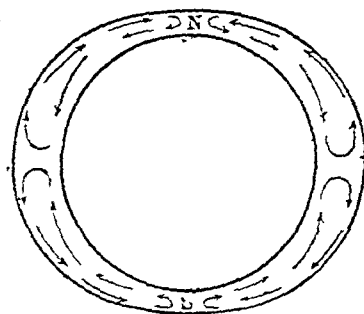



Fig. 518
Diagram showing the general system of circulation which would be established by unequal heating. as a result of differences in latitude.

सम्भवतः यह ध्यान रखने की बात है कि परिसंचलन की गतियों (circulatory movements) से नितान्त भिन्न, निम्न अक्षांशों की फैलती हुई वायु द्वारा वायु का सकुलन (crowding) पार्श्वों की ओर होगा (चित्र ५१३)। जहाँ तक यह अपना प्रभाव डाल सकेगा वहाँ तक तो यह उस तल के किसी स्थान के ऊपर, जहाँ वायु फैल रही थी, वायु की मात्रा को कम कर देगा। यह तापन के कटिबन्ध (zone of heating) मे ध्रुव की ओर के क्षेत्रों के ऊपर वायु की मात्रा में वृद्धि भी कर सकेगा और इस प्रकार वायु के निचले भाग में भूमध्यरेखा की ओर ढाल भी

1 कभी-कभी उच्च अक्षाश निम्न अक्षांशो की अपेक्षा प्रतिदिन अधिक ऊष्मा प्राप्त करते हैं, किन्तु उच्च अक्षांशो की वायु कभी इतनी सफलतापूर्वक गरम नही होती है, क्योंकि वहाँ पर हिम (ice), शीत (snow), हिम से शीतल जल और जमी हुई (frozen) भूमि की अधिकता होती है।

उत्पन्न कर सकेगा। परिणाम यह होगा कि वायुमण्डल के नितल पर भूमध्यरेखा का जोर समदाबी (isobaric) ढाल बढ जाएगा।

अत केवल असमान तापन से ही वायु की गति के लिए निरन्तर एक प्रवृत्ति (tendency) मिलती है। ये गतिया (१) वायुमण्डल के नितल के ऊपर निम्न अक्षाशो से ध्रुवो की ओर, और (२) उच्च अक्षाशो से भूमध्यरेखा की ओर एक पूरक (compensatory) गति के रूप म होती है। वायुमण्डल के सामान्य सचार मे य आधारभूत घटनाएँ है। उनमे ऊर्ध्वाधर एव क्षैतिज दोनो ही प्रकार की वायु की गतिया शामिल होती है। ऊर्ध्वाधर गतियाँ ये होती है—(१) निचले अक्षाशो मे ऊपर की ओर, जहा वायु (अ) ऊपर की ओर को फैलती है, और (ब) नीचे से भीतर की ओर बहकर आने वाली अधिक शीतल और अधिक भारी वायु द्वारा ऊपर की ओर एकत्रित (crowded) हो जाती है, और (२) उच्चतर अक्षाशो म नीचे की ओर। निम्न अक्षाशो के अधिक गरम हो जाने के कारण सचार (गति) की जो प्रणाली (system) अपने आप स्थापित होती वह **चित्र ५१८** द्वारा सुझायी गयी है।

निम्न अक्षाशो से ध्रुवो की ओर वायु की सामान्य गति निरीक्षण द्वारा स्पष्ट रूप से स्थापित हुई ज्ञात होती है, किन्तु निम्न अक्षाशो की ओर उसकी वापसी निरीक्षण की गयी पवनो म बहुत कम स्पष्टता से अनुभव होती है। इसकी वापसी के विषय म कोई सन्देह नही हो सकता है, किन्तु कैसे और कहा पर यह कार्यान्वित होती है, इसको भली प्रकार नही समझा जा सका है, क्योकि निम्न अक्षाशो की निम्न ऊँचाइयो से बाहर (व्यापारिक पवन के कटिबन्ध) भूमध्यरेखा की ओर कोई स्थायी गति नही देखी जाती है। वायुमण्डलीय उपद्रवो (disturbances) के अवसर पर कुछ वायु भूमध्यरेखा की ओर चलती है, और सम्भवत वापसी का मुख्य कारण भी यही है। इन गतियो का अध्ययन अगले अध्याय मे किया जाएगा।

यह ध्यान रखना चाहिए कि निम्न अक्षाशो मे वायुमण्डल के नितल पर समदाबी ढाल ऊपर की वायु मे ढाल के अनुसार नही होते हैं (**चित्र ५१७**), तथापि ये स्पष्ट अनमल ढाल साथ-साथ रहते है। प्रत्येक के कारण पहले ही बताये जा चुके है, उनके सह अस्तित्व (co existence) का अर्थ यह है कि ध्रुव की ओर ढाल की प्रवृत्ति इतनी प्रबल होती है कि वायुमण्डल के अन्य भागो को छोडकर केवल निचले भाग म ही इसको वे कारण नही जीत सकते जो वायुमण्डल के नितल पर भूमध्यरेखा की ओर ढाल उत्पन्न करते है।

यदि परिभ्रमण और एक ही अक्षाश म स्थित स्थल और जल के क्षेत्रो की असमान गरमी का प्रभाव न होता, वायुमण्डलीय गतिया जिनका अभी अभी वर्णन किया गया है, मध्याह्न-रेखाओ (meridians) के पीछे-पीछे चलती। परिभ्रमण वायुमण्डलीय गतियो के मार्ग को एक से अधिक प्रकारो से प्रभावित करता है। यह उत्तरी गोलार्द्ध म सभी धाराओ की दिशाओ को दाहिनी ओर और दक्षिणी गोलार्द्ध मे बायी ओर को मोड देता है। और, यदि पूर्ण रूप से नही भी सही तो कम से कम अंशत उष्ण कटिबन्ध के समीप, बाहरी उष्ण कटिबन्ध के अक्षाशो के उच्च दाब की

पेटियो मे सम्भवत. सकेन्द्रित करने के लिए भी उत्तरदायी है, और उच्च दाव की ये पेटियाँ वायुमण्डल के नितल पर गति के मार्ग पर महत्त्वपूर्ण प्रभाव ही नही डालती वल्कि ऊपर कहे गये सचार की सरलता मे वाधा डालती है।

उच्च दाब की बाहरी उष्ण कटिबन्धीय पेटियों का प्रभाव
(Effect of the Extra-tropical Belts of High Pressure)

'प्रत्येक उच्च दाव की पेटी मे (चित्र ५०९) समदाव तल वायुमण्डल के निचले भाग मे ऊपर को धनुप के आकार मे मुडे रहते है (चित्र ५१७), और प्रत्येक से उत्तर-दक्षिण दोनो ओर का वायुदाव-मापीय ढाल रहता है। अत इन पेटियो मे प्रत्येक से वायुमण्डल के नितल पर दक्षिण और उत्तर दोनों ओर वायु का प्रवाह होना चाहिए। इन कारणो के अतिरिक्त इसमे यदि अन्य कारण शामिल न होते तो निचली वायु की गतियाँ वे ही होनी चाहिए जो चित्र ५१९ मे दिखायी गयी है, और यदि उच्च दाव की पेटी का निरन्तर नवीनीकरण (renewal) करने के लिए शक्तियाँ क्रियाशील होती तो वायु की ये गतियाँ स्थायी रहती। उच्च दाव की पेटी के केन्द्र पर वायु की क्षैतिज गति भी न के तुल्य होती। इस स्थिति की सकीर्ण पेटी (narrow zone) उष्ण कटिवन्ध की शान्त पेटी (zone of tropical calms) कहलाती है।

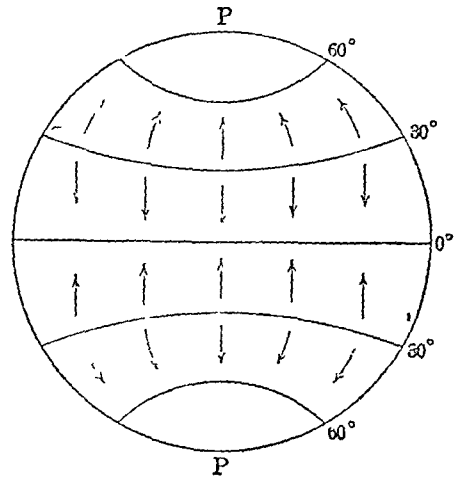



Fig 519

Diagram representing the general movements which would take place in the lower air if there were no rotation.

वायुमण्डल के विशाल भाग में ध्रुव की ओर के ढालो के वाद (चित्र ५१७), उच्च दाव की पेटियो से निचली वायु मे वायुदावमापीय ढाल सम्भवत वायुमण्डल के सामान्य सचार मे सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण तथ्य है।

उच्च अक्षांशों में स्थित निम्न दाब के क्षेत्र
(The High Latitude Areas of Low Pressure)

उत्तरी महासागरो के ऊपर निम्न दवाव के स्थायी क्षेत्र (चित्र ५०९, ५१३ और ५१४) वायुमण्डलीय सचार मे एक अन्य स्थायी कारण को उपस्थित करते है। उच्च दाव की पेटियो के प्रभाव की अपेक्षा उनका प्रभाव प्राय कम स्वीकार किया जाता है, किन्तु सम्भवत यह किसी छोटे महत्त्व की अपेक्षा अधिक महत्त्व का है। इन क्षेत्रो की ओर वायु को निरन्तर अन्दर की ओर अवश्य ही आते रहना चाहिए, और उन क्षेत्रो से वायु ऊपर उठती है और ऊपर से वाहर की ओर को वह जाती है; इस प्रकार वह सचार के सामान्य मार्ग को वदल देती है, और उसकी सरलता

को नष्ट करने में सहायक होती है। सम्भवतः यह बात महत्त्वपूर्ण है कि हिमनदी युग में हिमाच्छादन के महान केन्द्र स्थायी निम्न दाब के इन क्षेत्रों के पूर्व में महाद्वीपों पर स्थित थे।

ऊपर दी गयी रूपरेखा के अनुसार एक गोलार्द्ध में वायुमण्डलीय संचार दूसरे गोलार्द्ध के संचार से नापने पर स्वतन्त्र ज्ञात होता है। किन्तु यह कथन पहले कहे गये कथनों की तुलना में कम सत्य है। उत्तरी गोलार्द्ध में जनवरी के औसत दाब का अनुमान २९.९९ इंच और दक्षिणी गोलार्द्ध के लिए उसी समय पर २९.७९ इंच पर लगाया गया है। उत्तरी गोलार्द्ध में जुलाई के लिए औसत दाब का अनुमान २९.८७ इंच और दक्षिणी गोलार्द्ध में २९.९१ इंच पर लगाया गया है। यह हिसाब लगाया गया है कि जनवरी की दशा को उत्पन्न करने के लिए लगभग ३,२०,००,००० टन वायु पिछली गरमी की ऋतु (preceding summer) में दक्षिणी गोलार्द्ध से उत्तरी गोलार्द्ध में अवश्य पहुँचा दी गयी होगी। यह स्थानान्तरण सम्भवतः इस कारण होता है कि उत्तरी गोलार्द्ध में, विस्तृत स्थल क्षेत्रों का निम्न तापमान उस गोलार्द्ध में विशाल क्षेत्रों के ऊपर की वायु का तापमान इतना कम कर देता है और उसके घनत्व को इतना बढ़ा देता है कि ऊपर की वायु में उत्तरी ध्रुव की ओर का ढाल बढ़ जाता है, और वायुदाबमापीय तल का शिखर (चित्र ५१७) भूमध्यरेखा के दक्षिण को स्थानान्तर हो जाता है। अन्य शब्दों में, उस समय पवन भूमध्यरेखा (wind equator) और ताप भूमध्यरेखा (thermal equator) भौगोलिक भूमध्यरेखा (geographic equator) के दक्षिण में होती है। ताप भूमध्यरेखा के स्थानान्तरण (shifting) के ही कारण पवन भूमध्यरेखा का स्थानान्तरण क्रमशः चित्र ४७४ और ४७५ में दिखाया गया है, तथा उन्हीं के स्थानान्तरण के कारण पवन कटिबन्धों का संगत (corresponding) स्थानान्तरण (चित्र ५२०) में दिखाया गया है।

Fig 520
Diagram illustrating the shifting of wind zones (*After Davis*)

ये तीन कारण, अर्थात् (१) निम्न अक्षांशों की ऊपर की वायु में ध्रुव की ओर के ढाल (poleward gradients), (२) बाह्य ऊष्ण कटिबन्धीय अक्षांशों (extra tropical latitudes) में उच्च दाब की पेटियों में निचली वायु में ढाल, और (३) उच्च अक्षांशों में निम्न दबाव के क्षेत्रों की ओर निचली वायु में ढाल (gradients in the lower air toward the areas of low pressure), वायुमण्डल के सामान्य संचार के प्रधान कारण हैं। जैसा कि हम आगे देखेंगे कि उनके

प्रभाव स्थल और समुद्र के असमान तापन द्वारा अत्यधिक आपरिवर्तित (modified—परिवर्तित) कर दिये जाते है।

पवनो की दिशाएँ
(Direction of Winds)

पवन के एक बार चल जाने के बाद, कई एक कारण वायु की दिशा को प्रभावित कर सकते है। पृथ्वी का परिभ्रमण उन कारणों मे से सबसे मुख्य होता है। परिभ्रमण, केवल भूमध्यरेखा के तल (plane) मे बहने वाली पवनो को छोडकर सभी पवनो की दिशाओ को प्रभावित करता है। पवने ज्यो-ज्यो आगे को बढती जाती है, उनकी दिशाएँ उतनी ही अधिक बदल जाती है।

निचली वायु की उन पवनो का एक सामान्य रेखाचित्र (generalized diagram), जिनका निरीक्षण किया जा चुका है, **चित्र ५२१** में दिखाया गया है। यह चित्र उन पवनो को प्रदर्शित करता है जो उच्च ताप की वाह्य उष्ण कटिबन्धीय पेटियों (extra-tropical belts) से बाहर की ओर बहती है और जो न्यूनाधिक रूप मे क्रमबद्ध मार्गो का अनुसरण करती है। उच्च दाब की पेटियों से ध्रुवो की ओर जाने वाली पवनें दोनो गोलार्द्धों मे पूर्व की ओर को मुड जाती है, और इस प्रकार पछुवा पवने बन जाती है (उत्तरी गोलार्द्ध मे दक्षिण-पश्चिमी पछुवा और दक्षिणी गोलार्द्ध मे उत्तर-पश्चिमी)। उच्च दाब की पेटियो से निचली वायु मे भूमध्यरेखा की ओर बहने वाली पवने पूर्वी पवने बन जाती है (उत्तरी गोलार्द्ध मे उत्तर-पूर्वी तथा दक्षिणी गोलार्द्ध मे दक्षिण-पूर्वी)। ऐसी पवनो को व्यापारिक पवने (trade winds) कहते है। तापीय भूमध्यरेखा के साथ का प्रदेश, जहाँ उत्तर-पूर्वी और दक्षिण-पूर्वी व्यापारी पवने मिलती है और जहाँ क्षैतिज गतियो की अपेक्षा वायु की ऊपर उठती हुई धाराएँ अधिक स्पष्ट होती है, विषुव-प्रशान्त-मण्डल का कटिबन्ध (zone of equatorial calms) कहलाता है। प्रशान्त मण्डल (शान्त पेटी) के कटिबन्ध की स्थिति सूर्य के साथ-साथ कुछ ऊपर और नीचे को खिसक जाती है, और उसका केन्द्र तापीय भूमध्यरेखा के समीप बना रहता है। (**चित्र ४७४ और ४७५** की तुलना कीजिए)।

Fig. 521
Generalized diagram of wind directions at the bottom of the atmosphere.

व्यापारिक (व्यापारी) पवने आश्चर्यजनक रूप से स्थायी होती है। ये नाविको को प्राचीन काल से ज्ञात रही है और उन्होने उनसे लाभ उठाया है।

मध्य अक्षाशो की पछुवा पवनें और निम्न अक्षाशो की व्यापारिक पवनें वायुमण्डल के नितल पर चलने वाली पवने होती है और कभी कभी ग्रहो से सम्बन्धित पवनें (planetary winds—ग्रहीय पवनें) कहलाती है। **चित्र ५१७** पर ध्यान देने स देखा जा सकता है कि व्यापारिक पवनो मे अधिक गहराई नही हो सकती है। यद्यपि तल पर वे स्पष्ट होती है, तथापि कुछ सापेक्षतया तनिक ऊँचाई के ऊपर वे समाप्त हो जानी चाहिए, क्योकि ममदाबी तलो की आकृति (configration) बदल जाती है। जहा तक इन पवनों के निरीक्षण का प्रश्न है, यह कहा जा सकता है कि टेनेरीफ (कनारी द्वीपसमूह, २८° अक्षाश) पर लगभग ३,००० मीटर (१०,००० फुट) की ऊँचाई पर व्यापारिक पवनें समाप्त होती हुई ज्ञात की गयी है। उनकी ऊपरी सीमा दक्षिणी अमरीका मे विभिन्न पर्वता और हवाई द्वीपो पर देखी गयी है और इस उपर्युक्त सख्या से बहुत भिन्न नही है।

दूसरी ओर व्यापारिक पवना के विपरीत पछुवा पवना की गहराई अत्यधिक विशाल है। **चित्र ५२२** और **५२३** सयुक्त राज्य अमरीका म पवना की दिशाएँ—(१) वायुमण्डल क नितल, और (२) ऊपरी बादला के स्तर पर प्रकट करत है। दोनो स्थितियो म वायु के नितल पर गतिया अति भिन्न है, किन्तु ऊपरी बादलो द्वारा दिखायी गयी गतिया दोना ही स्थितियो म पूर्व की ओर ही है। यह ध्यान देने की बात है कि चित्रो म दिखायी गयी समस्त पवनें समतापीय परत (isothermal layer) के नीचे है, और सभी 'निचले वायुमण्डल" (Lower atmosphere) मे है।

स्थल और जल की पवनो की गतिया
(Land and Water Circulation)

यद्यपि वायुमण्डल के नितल पर पवने **चित्र ५२१** मे दिखाये गये सामान्य क्रम म रहने की प्रवृत्ति को दिखाती है, तथापि इस क्रम की सरलता उन अनेक उपद्रव करने वाले प्रभावो द्वारा रुकावट होती है, जो ग्रहीय पवनो के क्रम को बदल देते है। इन उपद्रव करने वाले कारणो मे से सबसे मुख्य कारण स्थल और जल के ऊपर वायुमण्डल का असमान तापन होना है। यह असमान तापन ग्रहीय पवनो की दिशा म केवल बाधा ही उपस्थित नही करता वरन स्वय पवनो को उत्पन्न भी करता है।

स्थल एव जल के असमान तापन के प्रभावो के उदाहरण के रूप म मानसूनो और स्थल एव सागर की समीरो का वर्णन पहले ही किया जा चुका है। मानसून का प्रभाव सम्भवत साधारणतया जितना माना जाता है उसकी अपेक्षा अत्यधिक प्रबल है क्योकि यह एक बडे पैमाने पर प्रचलित पवनो को निष्प्रभावित (overcome—प्रभावहीन) कर देता है। उदाहरण के लिए, जाड म यूरेशिया औसत रूप म निचली वायु में वायु छाडने (air dispersion) का एक केन्द्र रहता है (**चित्र ५१३**), जबकि ग्रीष्म म इसकी ओर वायु बहकर भीतर आती है, यद्यपि इसके क्षेत्रफल का अधिक भाग पछुवा पवनो के कटिबन्ध म है। सम्भवत यही प्रभाव प्रत्येक विशाल स्थलखण्ड के ऊपर और आसपास बडे महत्त्व का है, किन्तु जहा पर

Wind

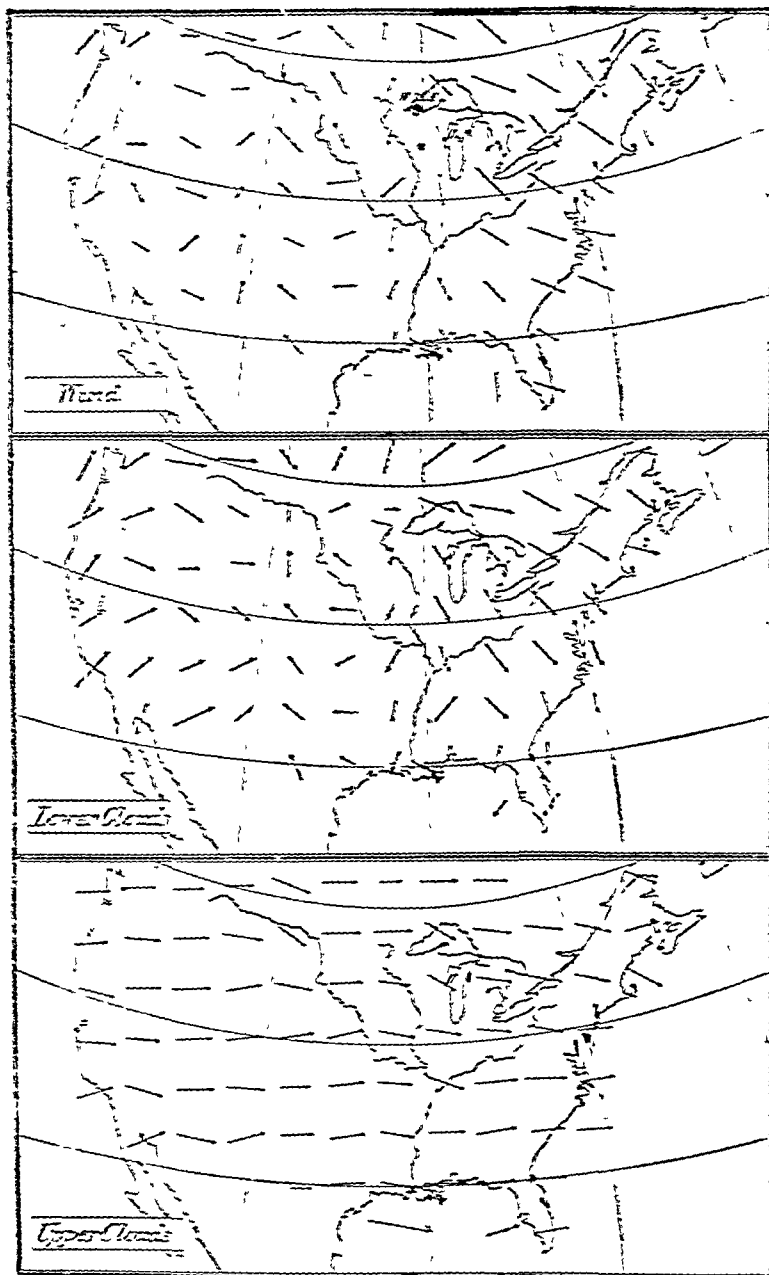
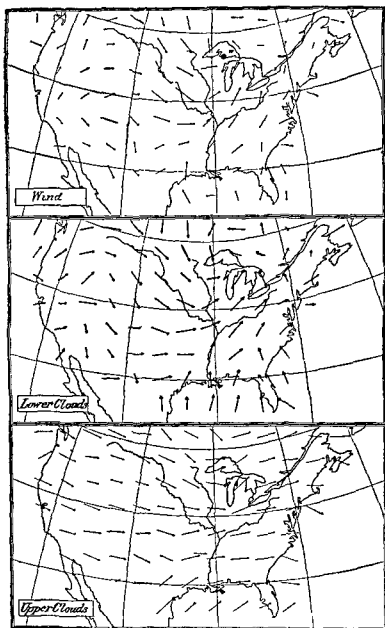



Fig 523

Figure showing the movements of the air when atmospheric pressure is low about Lake Superior It will be noted that the movements in the upper air (lowest figure) are from the west as in the preceding case

यह प्रचलित पवन के विरोध में आता है और उसे प्रभावहीन करता है, वहीं पर केवल उसे लोक-प्रचलित मान्यता मिलती है।

भारत मानसून के प्रभाव का एक उत्तम उदाहरण प्रस्तुत करता है। यह देश उत्तरी व्यापारिक पवनों के अक्षांश में है, जहाँ उत्तर-पूर्वी पवनों को, ग्रहीय पवनों (planetary winds) की सामान्य योजना (general scheme) के अनुसार

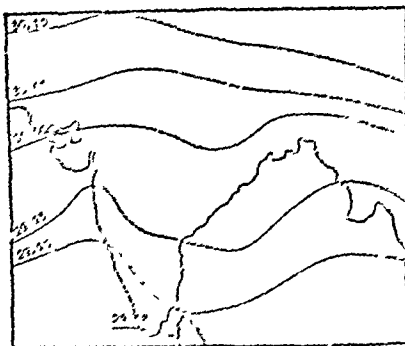



Fig. 524
The isobars of India for January. (*After Bartholomew*)

Fig. 525
Figure showing the direction of winds in India in winter. (*After Koppen*)

(चित्र ५.२१), चलना चाहिए। चित्र ५.२४ में, ढाल (प्रवणता—gradient) उत्तर-पूर्व से दक्षिण-पश्चिम को है, और पवन की दिशा (चित्र ५.२५) ग्रहीय क्रम के साथ सामान्य मेल में है; किन्तु चित्र ५.२६ में समदाबी ढाल उत्तर की ओर को है,

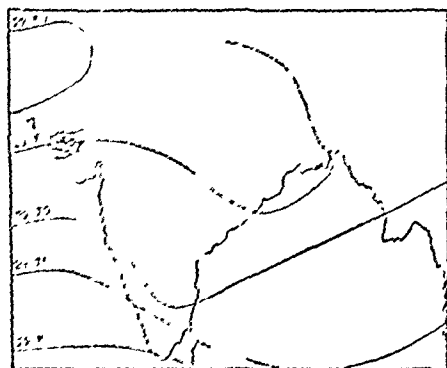



Fig. 526
The isobars of India for August. (*After Bartholomew*)

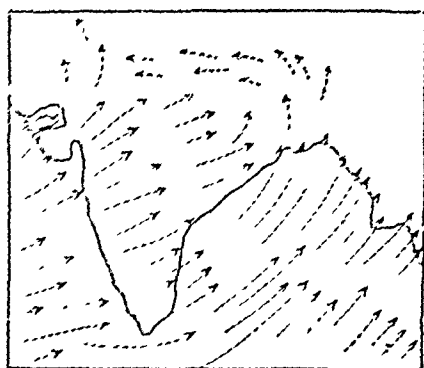



Fig. 527
The winds of India in midsummer. (*After Koppen*)

क्योंकि समुद्र की अपेक्षा स्थल अधिक गरम है, और पवनें उस दिशा में बहती है (चित्र ५.२७)। अर्थात्, ग्रहीय (उत्तर-पूर्वी) पवन ग्रीष्म ऋतु में उन पवनों द्वारा प्रभावहीन हो जाती है जो उस तापमान के ऋतु सम्बन्धी परिवर्तन से उत्पन्न होती है जो एक ऋतु सम्बन्धी प्रावण्य (ढाल—gradient) स्थापित करता है। उस

मौसम मे ग्रीष्म की ऊष्मा द्वारा विकसित भारत के उत्तर का निम्न दबाव इस अक्षाश के लिए सामान्य (normal) उच्च दबाव के विपरीत होता है और प्रचलित पवन निम्न दबाव के क्षेत्र की ओर वहकर आने वाली मौसमी पवनो द्वारा विस्थापित (displaced) हो जाती है। चित्र ५२८ और ५२९ उसी प्रदेश के लिए उन्ही ऋतुओ की समताप रेखाओ को प्रकट करते हैं और दाब एव तापमान के मध्य के सम्बन्ध को स्पष्ट करते है।

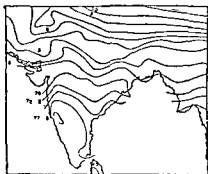



Fig 528
Isotherms of India for January
(*After Buchan*)

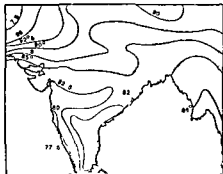



Fig 529
Isotherms of India for August
(*After Buchan*)

जब मानसून प्रचलित पवन के साथ बहती है जैसे कि जाडे मे पश्चिमी भारत मे, तो उससे प्रचलित पवन को शक्ति मिलती है यदि दोनो विपरीत दिशाओं म बहती है, जसे पश्चिमी भारत म गर्मी म, तो वह अति प्रबल और प्रधान बन

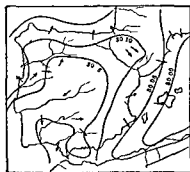



Fig 530
Isobars and winds in Spain and Portugal month of January (*After Hann*)

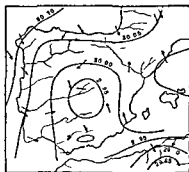



Fig 531
Isobars and winds in Spain and Portugal month of July
(*After Hann*)

जाती है। पछुवा पवनो के कटिबन्ध म स्थित स्पेन देश इसी बात का एक उत्कृष्ट उदाहरण है। चित्र ५३० और ५३१ जाडे और ग्रीष्म की अवस्थाओ को दिखाते हैं। समताप रेखाएँ जाडे मे पठार के ऊपर नीची है, और समदाब रेखाएँ

ऊँची है, और इसके केन्द्र से पवने बाहर की ओर को वहती है। ग्रीष्म मे परिस्थिति उलट जाती है। दक्षिणी अमरीका के पश्चिमी तट पर, उष्ण कटिवन्ध के भीतर, स्थल की अपेक्षा सागर अत्यधिक शीतल है। अत समुद्र से आने वाली पवन व्यापारिक पवन को प्रभावहीन कर देती है, और पछुवा पवने पर्याप्त समय तक चलती रहती है।

वडी झीलों (उत्तरी अमरीका) के आसपास मानसून का सामान्य सिद्धान्त अपना प्रभाव दिखाता है। शिकागो पर, जो दक्षिण-पश्चिमी पवनो के कटिवन्ध मे है, वसन्त मे उत्तर-पूर्वी पवनें प्रवल रहती है, क्योकि उस समय झील स्थल की अपेक्षा अत्यधिक शीतल रहती है, और पवने स्थल की ओर आरम्भ हो जाती है तथा प्रचलित पवनो को प्रभावहीन कर देती है (चित्र ५३२)। झील से ८० किलोमीटर की दूरी पर किसी स्थान के लिए इसी प्रकार के रेखाचित्र अप्रैल में उत्तर-पूर्व से कम पवनो को दिखायेंगे।

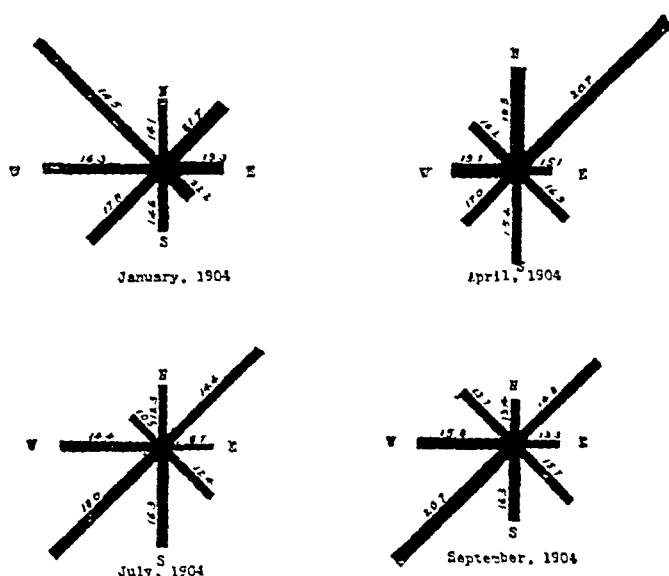



Fig. 532

Diagram showing the direction and velocity of winds in Chicago during January, April, July, and September, 1904. The proportionate length of time during which the wind blew from any given direction is shown by the length of the lines. The relative average velocity is shown by the width of the lines. The monsoon influence of the lake is seen in the preponderance of northeast winds in April. (*Cox, U. S. Weather Bureau*)

तटो के समीप दैनिक स्थल एव सागर समीरों के लिए जो सिद्धान्त प्रतिपादित किया गया है, वह वही है जो मानसून पवनों का है, किन्तु इसके फलस्वरूप उत्पन्न पवनें अधिक स्थानीय होती है। साधारणतया तट से बहुत दूर उनका अनुभव नही

हो पाता है, और वे अधिक ऊँचाइयों तक विस्तृत नही रहती है। कोनी द्वीप (Coney Island) पर, लगभग १५० मीटर (५०० फुट) की ऊँचाई तक, जब कभी सागर-समीर को निर्धारित किया गया है वह सीमित पायी गयी है। तनिक और ऊँचे स्तरो पर वायु की धाराएँ प्रचलित पवनों की धाराएँ थी। कुछ अन्य स्थानो पर सागर समीरे ३६० मीटर (१,२०० फुट) की ऊँचाई तक विस्तृत पायी गयी है।

मैसाचुसैटस (Massachusetts) के तट पर गर्मी के गर्म दिनो की सागर समीर कभी कभी प्रात काल आठ बजे से ही आरम्भ हो जाती है यद्यपि अधिक साधारणतया इसके बहुत बाद आरम्भ हुआ करती है। आरम्भ मे यह स्थल के भीतर ५ से १३ मीटर (२ से ८ मील) प्रति घण्ट की गति से आगे बढती है, और बाद मे अधिक मन्द गति से। यह स्थल के भीतर १६ मीटर से ३२ मीटर (१० से २० मील) तक प्रवेश कर जाती है और कभी कभी बिजली की चमकयुक्त आँधी पानी (thunderstorm—तडिज्झंझा) उत्पन्न करती है। दक्षिणी कैलीफोर्निया के तट पर स्थल एव सागर की समीरे वर्षपर्यन्त स्थायी रहती है, और जाडे की अपेक्षा ग्रीष्म मे अधिक प्रबल रहती हैं। सामान्यत स्थल की समीरें सागर की समीरो की अपेक्षा कम अच्छी तरह से विकसित होती है। बडी झीलो के आसपास स्थल एव सागर की समीरो के ही समान समीरो का अनुभव होता है।

सागर समीर का महत्त्व केवल इसलिए ही नहीं है कि वह गर्म मौसम मे स्थल के तापमान को कम कर देती है, वरन इसलिए भी है कि वह स्थल की ओर शुद्ध वायु को ले आती है। घन बसे हुए तटो के समीप यह अत्यन्त महत्त्व की बात है। *सागर समीरो की व्याख्या की ओर पहले ही सकेत किया जा चुका है।*

एक ही अक्षांश पर उच्च एव निम्न स्थलो की असमान गर्मी भी सामान्य (normal) ग्रहीय सचार (planetary circulation) से हलका और अस्थायी अन्तर उत्पन्न कर देती है।

ग्रहीय पवनो, ऋतुकालीन पवनो और छोटी सामयिक (periodic) पवनो, जिनके आने और जाने के समय प्राय नियमित से है—के अतिरिक्त अनेक अन्य पवनें भी होती है जो अनियमित समयो पर बहती है, और जिनके आने के विषय मे बहुत पहले ही भविष्यवाणी नही की जा सकती है। ये अनियमित पवनें मौसम के अनिश्चित तत्त्वो की मुख्य कारण होती है। उनमे से कुछ विषम तापमानो के कारण, कुछ वायुमण्डलीय आर्द्रता की असमान मात्राओ के कारण और कुछ अन्य कारणो से उत्पन्न होती है।

असमान तापमान के कारण अनियमितकालीन (aperiodic) पवनो के उदाहरण भँवर (whirlpool—वात आवर्त) और बवण्डर (tornadoes—प्रभजन) नाम की पवने है। ये पवने अत्यधिक स्थानीय तापन (heating) द्वारा उत्पन्न प्रबल सवाहन धाराओ के कारण उत्पन्न होती है। उष्णकटिबन्धीय चक्रवात (tropical cyclones) वायु के कुछ विशाल भँवरो के ही उदाहरण है। इनका वर्णन अगले अध्याय मे किया जायगा।

साथ ही साथ, पवन जल की तरगो को उत्पन्न करती है। तरगें जिस स्थान पर उत्पन्न होती है, वे वहाँ से पर्याप्त दूरी तक देखी जा सकती है, और पवन के प्रवाह रुक जाने पर भी पर्याप्त समय तक देखी जा सकती है। इसी प्रकार से ही वायु के एक स्थान से दूसरे स्थान को चलने से उत्पन्न स्थानीय उपद्रव (local disturbances), विक्षोभ (disturbance) के स्थान से दूर तक अनुभव किये जाते है। अत गतियाँ गतियो को उत्पन्न करती है।

सारांश
(Summary)

वायुमण्डलीय सचार के सम्बन्ध मे अब तक निश्चित किये गये मुख्य तथ्य निम्नलिखित है :

(१) वायुमण्डल के निम्न भाग के ऊपर निम्न अक्षाशो से वायु की एक गति ध्रुव की ओर वाली गति होती है।

(२) उच्च अक्षांशो से निम्न अक्षाशो को वायु की एक सम्पूरक (compensatory) गति होनी चाहिए, किन्तु उच्च दाब की बाह्य-उष्णकटिबन्धीय पेटियो (extra-tropical belts) से बाहर यह गति सुस्पष्ट नही है।

(३) बाह्य-उष्णकटिबन्धीय उच्च दाब की पेटियाँ वे कटिबन्ध होते है जहाँ से प्रमुख "ग्रहीय" पवने (planetary winds) वायुमण्डल के नितल पर आरम्भ होती है।

(अ) ये ग्रहीय पवने उच्च दाब की पेटियो से प्रत्येक गोलार्द्ध मे ध्रुव एव भूमध्यरेखा की ओर बहा करती है।

(ब) पृथ्वी के परिभ्रमण (rotation) द्वारा वे उत्तरी गोलार्द्ध मे दाहिनी और दक्षिणी गोलार्द्ध मे बायी ओर को मुड जाती है। इस प्रकार वे व्यापारिक पवन के दोहरे कटिबन्धो को उत्पन्न करती है। भूमध्यरेखीय शान्त पेटी इन दोनो कटिबन्धो के मध्य मे होती है, और उनमे से प्रत्येक कटिबन्ध के दूसरी ओर पछुवा पवनो के दो (एक उत्तर और दूसरा दक्षिण का) कटिबन्ध स्थित होते है, और प्रत्येक की भूमध्यरेखीय सीमा पर उष्णकटिबन्धीय शान्त पेटियाँ होती है।

(४) "ग्रहीय" पवनो के क्रम की सरलता स्थल और सागर के बीच तापमान की महान विषमताओ द्वारा गम्भीर रूप मे बाधा पाती है। असमान तापन द्वारा स्थापित समदाबी प्रवणताएँ (isobaric gradients—ढाल) उन प्रवणताओं की अपेक्षा ऊँची हो सकती है जो ग्रहीय पवनो का सचालन करती है। ऐसी दशाओ मे ग्रहीय पवने ऋतु सम्बन्धी पवनो द्वारा जैसे कि मानसून, अथवा दैनिक समीरो द्वारा जैसे कि स्थल, एव सागर समीरो द्वारा, और पर्वत एव घाटी की समीरे अनुभव की जाती है। अनेक स्थानो मे और अनेक समयो पर तापमान का प्रभाव इतना प्रबल होता है कि वायु के सचार मे वही प्रधान कारक बन जाता है।

प्रवणता, वेग और पवन की दिशाएँ (Gradient, velocity and direction of wind)—किसी समदाब तल का ढाल उसकी प्रवणता (प्रावण्य—

gradient) कहलाती है। विभिन्न देशो मे प्रवणता का विभिन्न प्रकार मे दिखाया जाता है। इगलैण्ड मे वायुदाबमापीय प्रवणता तब कही जाती है जबकि २७ किलोमीटर म दाब का अन्तर ००१ इच होना ह। सयुक्त राज्य मे वायुदाबमापीय प्रवणता की साधारण परिभाषा यह है—"दो स्थानो, जो एक-दूसरे से अक्षाश की १° की लम्बाई की दूरी पर है, के बीच एक ही स्तर पर दाब के अन्तर को प्रवणता कहते ह।" जैसे, ५° अक्षाश दूर दो स्थानो के दाब का अन्तर ०५ इच है, तो प्रवणता ०१० इच होगी, गणित के अनुसार ३०—२९ ५०= ५०—५=०१०।

प्रवणता जितनी अधिक होगी, पवन का वेग भी उतना ही अधिक तीव्रतर होगा। समदाबी चार्ट के ऊपर, उच्च प्रवणता समदाब रेखाओ के सकुलन (crowding) द्वारा दिखायी जाती है। किसी ०१० इच की प्रवणता का अर्थ एक घण्टे मे लगभग ४८ किलोमीटर (३० मील) चलने वाली पवन स होता है, और ०२० इच प्रवणता का अर्थ एक घण्टे मे लगभग ८८ किलोमीटर (५५ मील) जाने वाला पवन स होता है। ये सख्याएँ एक समतल (plane) तल (surface) की कल्पनाए ह। वायुमण्डल के नितल पर वास्तविक वेग तल की बनावट द्वारा बहुत आपरिवर्तित (modified) हो जाता ह। वनस्पति, भवनो आदि[1] मे युक्त असम धरातल (uneven surface) जब वायु का प्रतिरोध करता है तो वायु वेग (velocity) भी कम हो जाता है। अत कह सकते ह कि तल जितना ही विषम (rough—ऊबड खाबड) होगा, वेग भी उतना ही कम होगा। निरीक्षण से विदित हुआ है कि कुछ स्थानो म वायु के नीचे स्थल के ऊपर भवनो की ऊँचाई पर (मान लो १२ मीटर) पवन का वेग, समुद्र के ऊपर की उतनी ही ऊँचाई पर के वेग का केवल लगभग एक चौथाई होता है, जबकि ३० मीटर से ४५ मीटर (१०० से १५० फुट) की ऊँचाई पर वेग समुद्र के ऊपर की १२ मीटर (४० फुट) की ऊँचाई के वेग का आधा होता है।

सामान्यत पवनो का औसत वेग ५०° अथवा उसके आसपास के अक्षाशो पर अधिकतम रहता है। सयुक्त राज्य के लिए औसत वेग प्रति घण्टा लगभग १६ किलोमीटर (९ ५ मील) और यूरोप के लिए लगभग १७ किलोमीटर का अनुमान लगाया गया है, दोनो ही नाप वायुमण्डल के नितल पर के है। नीची वायु की अपेक्षा ऊँची वायु का वेग अधिक होता है, जिसका कारण वही है जिसस स्थल पर की अपेक्षा समुद्र पर का वेग अधिक होता है। सामने दी गयी तालिका (table) नितल के ऊपर विभिन्न स्तरो पर पवन के वेग को प्रकट करती है। यह बास्टन (Boston) के समीप ब्ल्यू हिल ऑबजरवेटरी (Blue Hill Observatory) म बादलो की गति पर किये गये निरीक्षणो पर आधारित है।

---

[1] हल्महोल्टज (Helmholtz) ने हिसाब लगाया है कि यदि वायु का समस्त पिण्ड (body) प्रति घण्टा २० मील (३२ किलोमीटर) की एकरूप गति पर चलाया जाए तो प्रतिरोध (friction) के परिणामस्वरूप उसको १० मील (१६ किलोमीटर) की गति पर लाने मे लगभग ४३,००० वर्ष लगेगे।

Computed Easterly or Westerly Wind Velocities Along a Meridian

अक्षांश (Latitude)	E=Easterly; W=Westerly winds भिन्न-भिन्न ऊँचाइयो पर पवन का वेग प्रति घण्टा मीलो मे (Velocity of wind in miles per hour at various altitudes)			प्रत्येक के साथ वेगो का उत्कर्ष लगभग ३,३०० फुट की ऊँचाई पर (Increase in velocities with each (about) 3,300 feet in altitude)
	समुद्र-स्तर (Sea-level)	लगभग ३,३०० फुट (About 3,300 feet)	लगभग १३,२०० फुट (About 13,200 feet)	मील प्रति घण्टा (Miles per hour)
उत्तरी अक्षाश ७५°	E २·७	W. ०२	W ९२	W. +३०
७०°	E २०	W. २०	W. १४३	W ४१
६५°	W ०१	W. ४९	W. १९३	W. ४८
६०°	W २४	W. ७६	W २३१	W ५२
५५°	W. ३४	W. ८७	W २४५	W ५·३
५०°	W ३३	W ८·७	W. २४९	W ५४
४५°	W. ३०	W. ८५	W २५०	W. ५·५
४०°	W. १६	W. ७२	W २४०	W. ५६
३५°	E ०७	W ५०	W २२४	W ५८
३०°	E ५·३	W ०६	W १८२	W. ५९
२५°	E ८९	E ३१	W १४४	W ५८
२०°	E ९४	E ३८	W १३०	W. ५·६
उत्तरी अक्षाश १५°	E ७८	E ४३	W. ६·१	W. ३५
भूमध्यरेखा ०°				
द० अक्षाश १५°	E १५६	E १०५	W. ४८	W ५१
२०°	E. १३०	E. ८२	W ६४	W. ४८
२५°	E ६४	E १७	W १२५	W ४७
३०°	W २४	W ७०	W. २१०	W ४७
३५°	W ७७	W १२३	W २६१	W ४६
४०°	W ११६	W १६२	W ३००	W ४६
४५°	W १४९	W १९५	W ३३३	W ४६
५०°	W १७१	W २१७	W. ३५७	W. ४६
५५°	W १७०	W २१६	W ३५६	W ४७
६०°	W. १३६	W १३२	W. ३२२	W +४७

यह तालिका प्रकट करती है कि ऊँचाई की वृद्धि के साथ वेग की वृद्धि होती है। तालिका के अनुसार व्यापारिक पवनें ४,००० मीटर (१३,२०० फुट) की ऊँचाई तक नहीं पहुँचती है क्योकि इस ऊँचाई पर समस्त पवनें पूर्व की ओर बहती हुई प्रस्तुत की गयी है। तालिका उनको ऊँची ऊँचाइयो की अपेक्षा निम्न

ऊँचाइयो मे, विशेषकर उत्तरी गोलार्द्ध मे, भूम-यरखा म दूर फैलती हुइ प्रस्तुत करती है।

सामान्य सचार और अवक्षेपण
(General Circulation and Precipitation)

स्थल के दोना ही जीवनो, वनस्पति एव जीवधारियो, के लिए वर्षा अत्यन्त महत्त्व की वस्तु होती है। वर्षा के अभाव म शुष्क प्रदेशो मे सामान्यत वनो और हरी वनस्पति की कमी होती है, और जहा वनस्पति नही होती वहा पर जानवर भी नही होते है। मानव व्यवसाय भी वर्षा की मात्रा और उसके वितरण द्वारा अत्यन्त प्रभावित रहते है जैसा कि इस घटना से सिद्ध है कि कोई शुष्क प्रदेश घनी जन सख्या का आश्रय नही देता है। १६१० ई० मे नवादा मे, जिसका अधिकतर भाग वष मे १० इच से भी कम वर्षा प्राप्त करता है, प्रत्येक १$\frac{1}{2}$ वर्गमील (लगभग ३$\frac{1}{2}$ वग किलोमीटर) मे केवल १ की जनसख्या थी। सयुक्त राज्य की जनसख्या का ४ प्रतिशत से कम देश के उस तिहाई भाग म रहता है जहा वर्षा प्रति वष २० इच मे कम होती है। उत्तम से उत्तम भूमि तब तक अनुत्पादक रहगी जब तक कि उसका पर्याप्त सिंचन न हो। साधारणत यह माना जाता है कि कृषि के लिए कम मे कम वार्षिक वषा २० इच तो होनी ही चाहिए किन्तु साथ ही साथ, कृषि का बहुत कुछ भाग अक्षाश और वषा के ऋतु सम्बन्धी वितरण पर भी निभर करता है। जलवायु जितनी ही अधिक उष्ण होगी, वर्षा की आवश्यकता भी उतनी ही अधिक होगी। यदि वर्षा ऐसे समय पर नही होती जबकि खडी फसल को इसकी बहुत आवश्यकता होती है तो २० इच की औसत वर्षा भी कृषि के लिए कम रहती है। यदि वषा का आदश वितरण हो पाता, तो सयुक्त राज्य के मध्यवर्ती अक्षाशो म सम्भवत १० इच की वर्षा भी कृषि के लिए पर्याप्त होती। जब पौधे नही उग रह होते है, तब वर्षा और हिम का गिरना निरथक नही होता क्योकि उसका कुछ जल भूमि म समाया रहता है और बाद मे पौधो क लिए मिल जाता है। "शुष्क खेती" (dry farming) की सफलता की एक मुख्य बात यही है कि भूमि को इस प्रकार रखा जाता है कि वष मे होने वाली वषा क दिनो मे जल को भूमि और अन्त भूमि (subsoil) म तब तक के लिए रोक लिया जाता है जब तक कि पौधो के वद्धन की ऋतु न आ जाए।

सिंचाई किये जा सकने वाले स्थल स्थानीय वर्षा और हिम पर निभर नही रहत है, किन्तु सिंचाई म प्रयोग किये जान वाला जल वषा स प्राप्त होता है यद्यपि अवक्षेपण उस स्थान म दूर हो सकता है जहा कि जल काम म लाया जाता है। यद्यपि अमरीका म सिंचाई के महान परिणामो क होने की सम्भावनाएँ है, तथापि यह शुष्क भूमि के एक खण्ड से अधिक भाग को कृषि के उद्देश्यो के लिए महत्त्वपूर्ण कभी भी नही बना सकेंगे, क्योकि जितना जल मिलता है उसकी मात्रा सीमित है।

वर्षा का वितरण अधिकाशत उन पवनो द्वारा प्रभावित है जो आद्रता को

उन स्थानो से जहाँ उसका वाष्पीकरण होता है, उन स्थानो को ले आती है जहाँ पर तापमान उसके संघनन और अवक्षेपण के लिए अनुकूल होता है। प्रचलित पवनें, नियत-कालिक पवने, और अनावर्तित पवने (aperiodic winds), सभी इस बात को निर्धारित करने मे अपना कार्य करती है कि वर्षा कहाँ हो, कितनी हो, और वर्ष मे किस-किस समय पर हो। वायु की ऊर्ध्वाधर गतियाँ भी वर्षा के सम्बन्ध मे कुछ कार्य करती है और कुछ स्थानो मे उन क्षैतिज गतियो की अपेक्षा अधिक महत्त्वपूर्ण होती है जिनके लिए 'पवन' शब्द साधारणतः सीमित ही है।

किसी निश्चित प्रदेश की वर्षा (अथवा हिमपात) जानने के लिए यह जानना आवश्यक है—(१) कौनसी पवने इसे प्रभावित कर रही है, (२) उस तल की स्थलाकृति जिसके ऊपर होकर पवने वहाँ पहुँचने से पहले बहकर आयी है, और (३) उस स्थान की स्वयं की स्थलाकृतिक परिस्थिति और उसके सम्बन्ध।

व्यापारिक पवनो के प्रदेशों में वर्षा (Rainfall in the zones of trades)—व्यापारिक पवनो के प्रदेशों में पवनें उच्च अक्षांशो से निम्न अक्षाशो की ओर बहती है, और इसीलिए सामान्यत. शीतल अक्षाशो से उष्ण अक्षाशो की ओर चलती है। जब वायु गरम होती है तो वह अधिक नमी ग्रहण करने मे समर्थ होती है। अत जब तक व्यापारिक पवनें समुद्र के ऊपर बहती है तब तक वह साधारणतया वर्षा नही करती। जहाँ वे उन निचले स्थलो पर बहती है जो इन अक्षाशो मे समुद्र की अपेक्षा अधिक गरम होते है, वहाँ वे अपनी नमी को छोड़ने की अपेक्षा नमी का और भी अधिक शोषण करती है। अत समुद्र और निचले स्थानों के ऊपर व्यापारिक पवने 'शुष्क' पवने होती है। सहारा और आस्ट्रेलिया के पर्याप्त भाग व्यापारिक पवनो के प्रदेश मे होने पर भी मरुस्थल है।

किन्तु यदि व्यापारिक पवनो को किसी पर्वत के ऊपर चढने को बाध्य होना पडे तो वे ठण्डी हो जाती है तथा उनकी नमी सघनित होकर वर्षा एव शीन (snow) के रूप मे गिर सकती है। अत व्यापारिक पवनो के प्रदेशो मे उच्च पर्वतो के पवनाभिमुख पार्श्वो (windward sides) पर भारी वर्षा होनी चाहिए। उष्ण-कटिबन्धीय अक्षाशो में एण्डीज पर्वतों के पूर्वी भाग पर भारी वर्षा होती है (**चित्र ५३३**)। इसका दूसरा उदाहरण उच्च हवाई द्वीप है। उनके निचले ढालो पर व्यापारिक पवनो मे वर्षा नही होती है, किन्तु जब पवने पर्वतो के ऊपर चढने को बाध्य होती है तब वे ठण्डी ऊँचाइयो पर पर्याप्त नमी प्रदान करती है। वनस्पति के स्वरूप मे परिवर्तन द्वारा वर्षा का स्तर (level) सरलता मे देखा जा सकता है।

किसी पर्वत श्रेणी के ऊपर से होकर निकलने के पश्चात व्यापारिक पवनो की वायु नीचे उतरती है तो वह दो प्रकार से ओष्ण (warm) हो जाती है—(१) नीचे के ओष्ण (warm) स्थल से सम्पर्क द्वारा, और (२) सम्पीडन (compression) द्वारा। अत यह नमी का शोषण करती है। इस दशा में व्यापारिक पवनो के प्रदेशो मे पर्वतो के प्रतिवात (leeward) पार्श्वो पर न्यून अवक्षेपण के

प्रदश होने चाहिए। एण्डीज पवता का पश्चिमी ढाल इसका उदाहरण है (चित्र ५३३)। व्यापारिक पवना के प्रदश म किसी महाद्वीप के पूर्वी भाग म एक उच्च पवत श्रेणी की उपस्थिति उसके पश्चिमी क्षेत्र का शुष्क बना देने मे सफल होगी।

भूमध्यरेखीय प्रशान्त मण्डल (equatorial calms) अथवा विषुव प्रशान्त मण्डल (doldrums) के प्रदेश मे तापमान ऊँचा रहता है, और वायु प्रतिदिन सूय द्वारा गरम होकर फैलती है तथा व्यापारिक पवनो के प्रदेशो से भीतर की ओर आन वाली शीतल वायु द्वारा ऊपर की ओर सकुलित (crowded—एकत्रित) कर दी

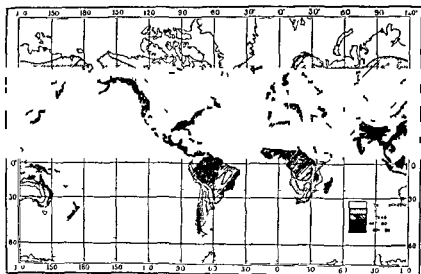



Fig 533
Map showing the precipitation for the world

जाती है। जब यह वायु ऊपर उठती है तो वायु फैलती है और ठण्डी होन लगती हे तथा किसी सीमा तक अपनी कुछ नमी को त्याग सकती है। अत इस कटिबन्ध मे, दिन म जब ऊपर को चलने वाली धाराएँ पर्याप्त प्रबल होती है (दोपहर बाद), कपासी (cumulus) बादलो से नित्य वर्षा हो सकती है। चूकि विषुव प्रशान्त मण्डल (doldrums) तापीय भूमध्यरेखा (thermal equator) के स्थानान्तरण (shifting) के साथ साथ प्रति वष कुछ अश उत्तर और दक्षिण को बदलता रहता है, अत भूमध्यरेखा के समीप कोई स्थान जो एक ऋतु मे दैनिक वर्षा प्राप्त करता है, वष के दूसरे समय पर उससे वचित रह सकता है।

उष्णकटिबन्धीय प्रशान्त मण्डलो (zone of tropical calms) के प्रदेश म उठन के स्थान पर वायु नीचे को उतरती है, आर उसस वषा नही होती ह। भूमध्य रखीय प्रशान्त मण्डलो (equatorial calms) की भाति, वाह्य कटिबन्धीय प्रशान्त मण्डल (extra tropical calms) भी सूय के साथ साथ थोडा उत्तर एव दक्षिण का बदलते रहत हे। सामान्यत व भूमण्डल के शुष्कतम अक्षाश है, और सहारा, अरब, आस्ट्रेलिया और दक्षिणी अमरीका के दक्षिणी भाग को पार करते है।

प्रचलित पछुवा पवनों के प्रदेशों में वर्षा (Rainfall in the zones of prevailing westerlies)—व्यापरिक पवनों के प्रदेशों में जो सिद्धान्त लागू होते हैं वे ही पछुवा पवनों के प्रदेशो में भी लागू होते हैं। सामान्यतः ये पवनें निचले अक्षांशों से ऊँचे अक्षांशों की ओर बहती हैं और इस कारण वे क्रमशः शीतल होती जाती हैं। अतः वे समुद्र-तल पर अथवा निचली भूमि पर, और विशेषतः जाड़े की ऋतु में स्थल पर भी, अपनी कुछ नमी का त्याग कर सकती हैं। ग्रीष्म काल में स्थल की गरमी सघनन एवं अवक्षेपण को तब तक रोकती है जब तक कि वायु ध्रुवों की ओर पर्याप्त दूरी तक न पहुँच जाए। जब ऐसी पवनें पर्वतों को पार करती हैं तो वे उनके पवनाभिमुख ढालो और शिखरों पर अपनी नमी त्याग देती हैं, और उनके प्रतिवात ढालों पर शुष्क हो जाती हैं।

यदि केवल ग्रहीय पवनों (planetary winds) का विचार किया जाए तो पछुवा पवनों के प्रदेशों में किसी महाद्वीप के पश्चिमी भागों पर स्थित उच्च पर्वत-माला अपने से पूर्व में स्थित समस्त निचली भूमि को शुष्क बना देगी। इन सिद्धान्तों को यदि हम संयुक्त राज्य की वर्षा के अध्ययन मे, जहाँ तक कि वह ग्रहीय पवनों पर निर्भर करता है, लागू करें तो हमें वर्षा के वितरण को समझने में सहायता मिलेगी।

संयुक्त राज्य की प्रचलित पवनें लगभग समस्त देश के लिए दक्षिण-पश्चिम से आती है। जाड़े की ऋतु मे प्रशान्त महासागर से स्थल की ओर आती हुई ये पवनें शीतल स्थल पर पहुँचती हैं और निम्न स्तरों पर भी अपनी नमी को त्याग देती हैं। इनसे कैलीफोर्निया के निचले स्थलो को वर्षा की ऋतु प्राप्त होती है। तट से पीछे हटकर उच्च पर्वतों के ऊपर जब पवनें बहती हैं तो वे और भी अधिक नमी का त्याग करती हैं जिससे प्रथम उच्च श्रेणी के शिखर के पश्चिम का समस्त क्षेत्र जाड़ो मे वर्षा और शीत (snow) की पर्याप्त मात्रा प्राप्त करता है। जब ये पवनें सियराज एवं कासकेड पर्वतो को पार करती है तो वायु नीचे उतरती है और ऊष्ण (warm) हो जाती है, और इसीलिए शुष्क होती है। इन पर्वतों के पूर्व की ओर पूर्वी औरेगान और वाशिंगटन प्रदेशो की अर्द्ध-शुष्क भूमि, तथा ग्रेट साल्ट लेक के साथ ग्रेटबेसिन स्थित है।

जब ये पवनें रौकी पर्वतो के उच्च भागो मे पहुँचती है, जो पश्चिम के पर्वतो की अपेक्षा अधिक ऊँचे हैं, तो वे पुन. कुछ नमी को त्याग देती है। किन्तु रौकी पर्वतों से आगे पूर्व की ओर अटलाण्टिक महासागर तक ये पवनें शुष्क बनी रहती है क्योंकि वे किसी अन्य ऊँचे पर्वत को पार नही करती हैं, और वे सामान्यतः इतनी पर्याप्त दूरी तक उत्तर की ओर नही जाती है कि उनका तापमान इतना नीचा हो जाए कि वह उन पर्वतो के तापमान के बराबर हो जाए जिनको पार करके वे आयी हैं। पर्वतो के पूर्व की ओर कुछ दूरी तक वर्षा बहुत कम होती है, किन्तु मध्य कसास और नेब्रास्का के पूर्व की भूमि को पर्याप्त आर्द्रता प्राप्त हो जाती है। गालवेस्टन से क्लीवलैण्ड तक खींची जाने वाली किसी रेखा के दक्षिण-पूर्व की भूमि खाड़ी से आने वाली दक्षिण-पश्चिमी पवनो द्वारा कुछ आर्द्रता प्राप्त

कर सकती है, किन्तु इस रेखा से पश्चिम दूर तक प्रचुर वर्षा होती है। अत यह स्पष्ट है कि पछुवा पवनों के अतिरिक्त अन्य कोई कारक अवक्षेपण में कार्य करता है। यह कारक अनियतकालिक चक्रवातीय पवनें (aperiodic cyclonic winds) हैं, जिनका वर्णन अगले अध्याय में किया जाएगा। देश के ऊपर पश्चिम से पूर्व को जाते हुए चक्रवात खाड़ी से आर्द्र वायु का उत्तर की ओर वहन के लिए कार्य करते हैं और इस प्रकार उसको ऊँचे और ठण्डे अक्षांशों में पहुँचाते हैं। अक्षांश का यह परिवर्तन तथा चक्रवात में वायु के ऊपर उठने के कारण उसका शीतल होना उस अवक्षेपण के कारण हैं जो संयुक्त राज्य के मध्य और पूर्वी भागों को उस शुष्कता से बचाता है जो रौकी पर्वतों के समीप की पूर्वी पटी को प्रभावित करती है।

प्रशान्त महासागर से महाद्वीप की ओर ग्रीष्म काल में जो पवनें चलती हैं उनका वर्षा पर भिन्न प्रभाव पड़ता है, यद्यपि यहाँ जो सिद्धान्त काम करते हैं वे एक ही हैं। वर्ष के इस अवसर पर महासागर से मध्य एवं दक्षिणी कैलीफोर्निया की नीची भूमि की ओर बहने वाली पवनों को स्थल के ऊपर अपनी अपेक्षा अधिक ऊँचा तापमान मिलता है। अत ये पवनें शुष्क होती हैं और कैलीफोर्निया के अधिक भाग को वहाँ की शुष्क एवं ग्रीष्म ऋतु प्रदान करती हैं। भीतर की ओर बहने पर इन पवनों को पर्वत मिलते हैं जो इतने ऊँचे हैं कि तापमान सघनन एवं अवक्षेपण के लिए पर्याप्त नीचा रहता है।

अधिक उत्तर की ओर स्थिति कुछ भिन्न प्रकार की है। उदाहरण के लिए वाशिंगटन में तट के समीप ओलिम्पिक पर्वत ग्रीष्म काल में भी अवक्षेपण लाने के लिए पर्याप्त ऊँचे हैं। अलास्का में, जहाँ कुछ पर्वत सदैव हिम से ढके रहते हैं, ग्रीष्म में भारी अवक्षेपण होता है और अधिक ऊँचाइयों पर अवक्षेपण वर्षा के रूप में न होकर शीत के रूप में होता है।

मानसून की वर्षा (Monsoon rains)—इसी प्रकार जब मानसून पवनें उष्ण (warm) प्रदेशों में शीतल प्रदेशों की ओर बहती हैं तब अपनी आर्द्रता का त्याग देती हैं। सामान्यत वे ओष्ण प्रदेशों की ओर बहती हैं, अत उन्हें शुष्क पवनें होना चाहिए, किन्तु एक बार आरम्भ हो जाने पर उन्हें कभी-कभी उच्च पवनों के ऊपर चढ़ने को बाध्य होना पड़ता है फलस्वरूप अवक्षेपण होता है। हिमालय पर्वत के दक्षिणी ढाल पर अधिकतम अंकित वर्षा मानसून पवनों के कारण होती है। मानसून की असफलता के कारण भारत में अनेक अकाल पड़ चुके हैं। सन १८७६-१८७८ के अकाल ने प्रत्यक्ष रूप में ५८० ००,००० व्यक्तियों को प्रभावित किया था और अनुमान किया गया है कि उसमें ५०,००,००० जीवनों की हानि हुई थी। वर्षा की मात्रा में अधिक कमी और उसके होने में विलम्ब के कारण भी यदि अकाल नहीं तो अभाव और कष्ट तो आ ही जाते हैं। जैसा कि ग्रहीय पवनों के साथ होता है, वैसे ही मानसून पवनों से भारी अवक्षेपण पर्वतों के पवनाभिमुखी पार्श्वों पर होता है।

स्थल और सागर (अथवा झील) समीरे (दैनिक) कदाचित ही अधिक वर्षा करती है, यद्यपि उनमें से कुछ कुहरा उत्पन्न करती है जबकि वे ओष्ण (warm) जल से शीतल स्थल की ओर बहती है। इस प्रकार के कुहरे जब-तब देखे जा सकते है, जैसे कि पतझड़ के अन्त में अथवा शिशिर के आरम्भ मे शिकागो के ऊपर। वे यदाकदा स्थल के ऊपर एक ऐसी दीवार के समान आगे बढ़ते है जिसकी ऊँचाई कुछ मीटर से लेकर कई विशक (scores) मीटरो तक हो सकती है।

घाटी की समीरें भी कभी-कभी भारी वर्षा करती है। इसे पहले ही समझाया जा चुका है।

१८

मौसम के मानचित्र, तूफान

(WEATHER MAPS STORMS)

दाब (दबाव) के अनियतकालीन परिवतन
(Aperiodic Changes of Pressure)

चित्र ५३४ सयुक्त राज्य का एक मौसमी मानचित्र है जो (१) वायुमण्डलीय दाब के वितरण, (२) देश के भिन्न भागो मे पवन की दिशाएँ, (३) समस्त स्थानो पर मेघ वर्षा, हिमपात इत्यादि के सम्बन्ध म वायु की दशा, और (४) तापमान को प्रकट करता है।

(१) समदाब रेखाएँ (Isobars)—मानचित्र की पूरी रेखाएँ समदाब रेखाएँ हैं। मानचित्र हडसन नदी की घाटी के आसपास केन्द्रित क्षेत्र मे ३० ६+इचो मे लेकर उत्तरी डाकोटा मे केन्द्रित क्षेत्र मे २६ ५—इचो का दाब के सीमान्तर (range) को प्रकट करता है। देश के पूर्वी अद्ध भाग म दाब ऊँचा है (३० इच मे अधिक) और पश्चिमी भीतरी भाग मे नीचा (३० इच से कम), और प्रशान्त महासागर के समीप के एक क्षेत्र मे ऊँचा, किन्तु बहुत ऊँचा नही है।

सयुक्त राज्य के पूर्वी भाग मे ३० ६ की समदाब रेखा एक बन्द रेखा है। इसके दोनो ओर ३० ५ की समदाब रेखा है। चूकि किसी भी ओर स ३० ६ की समदाब रेखा के निकट पहुँचने पर दाब ऊचा उठना है, अत यह निष्कर्ष निकाला जाता है कि इस समदाब रेखा के पार कर लेने पर भी दाब का ऊँचा उठना चालू रहेगा। अत इसके भीतर के क्षेत्र के विषय मे अनुमान किया जाता है कि उसका दाब ३० ६ इच से अधिक होगा, किन्तु इतना अधिक नही कि वह ३० ७ इच हो नही तो दूसरी समदाब रेखा दिखायी गयी होती।

इसी प्रकार, ३० ६ और ३० ५ की समदाब रेखाओ के बीच के सभी स्थानो के दाब इन दो सख्याओ द्वारा दिखाये गये (indicated) दाबो के बीच के दाब होगे। पहली समदाब रेखा के निकट दाब ऊँचा है और दूसरी रेखा के निकट कम दाब है।

इस उच्च दाब के क्षेत्र का मध्य 'उच्च' (high) लिखा है। मौसम मानचित्र पर 'उच्च का अर्थ यह होता है कि कोई क्षेत्र जहा पर दाब उसके पास-पडोस के क्षेत्र की अपेक्षा स्पष्ट रूप से ऊँचा है, और साधारणत ३० इच से अधिक, और यह

शब्द इस प्रकार के किसी क्षेत्र के केन्द्र में लिख दिया जाता है। किसी 'उच्च' के चारों ओर वायु की गतियाँ प्रतिचक्रवात (anticyclone) होती हैं।

इस 'उच्च' के पश्चिम की ओर दाब क्रमशः उत्तरी डाकोटा तक कम होता जाता है। जहाँ पर निम्न दबाव का केन्द्र होता है वहाँ 'नीचा' (low) लिखा जाता है। 'नीचा' का अर्थ उस क्षेत्र से होता है जहाँ पर दबाव उसके पास-पड़ोस की अपेक्षा कम होता है, और सामान्यतः ३० इंच से कम होता है। मानचित्र पर यह शब्द वहाँ अंकित है जहाँ दाब न्यूनतम है। किसी 'नीचा या निम्न' के चारों ओर वायु की गतियाँ चक्रवात (cyclone) को संघटित करती हैं। मध्य अक्षांशों में 'चक्रवात' तूफान का सबसे अधिक महत्त्वपूर्ण प्रकार होता है।

उत्तरी डाकोटा में 'निम्न' के चारों ओर २९.५ की समदाब रेखा एक बन्द रेखा है। चूँकि इस रेखा के निकट तक पहुँचते-पहुँचते दाब कम होता जा रहा है, अतः यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि समदाब रेखा के भीतर सभी स्थानों पर

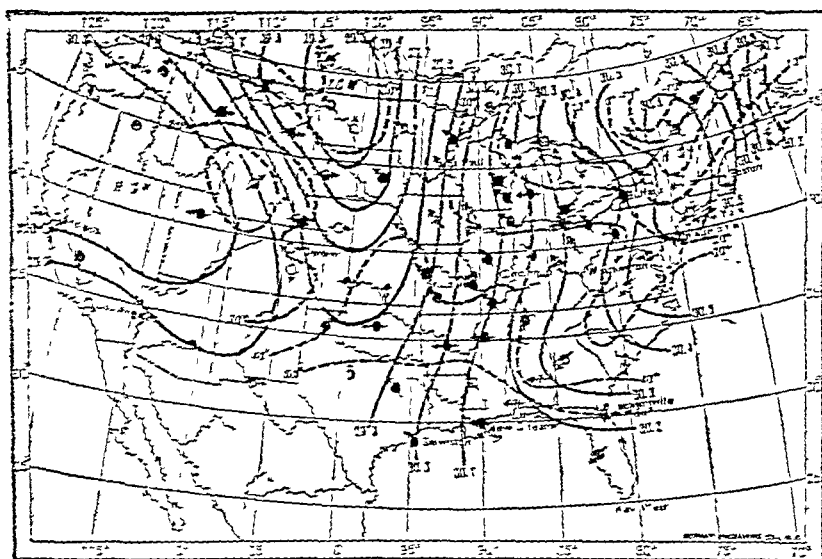



Fig. 534

Weather map of the United States for January 12. 1899. The full lines are isobars. the dotted lines isotherms. (*U. S. Weather Bureau*)

दाब २९.५ की अपेक्षा कम है, यद्यपि कहीं भी इतना नीचा नहीं कि २९.४ हो जाए। २९.५ और २९.६ की समदाब रेखाओं के बीच के सभी स्थानों पर दाब इन संख्याओं के बीच में ही होगा। 'निम्न' के पश्चिम में दबाव बढ़ता है। प्रशान्त तट के समीप 'उच्च' में दाब उतना अधिक नहीं है जितना कि हडसन की घाटी के ऊपर है।

मौसम के अधिकांश मानचित्र 'निम्न' एवं 'उच्च' दोनों अथवा प्रत्येक का कम से कम एक दिखाते हैं। इसका अर्थ है कि सामान्यतः संयुक्त राज्य के भीतर एक

साथ ही उच्च दाब का कम से कम एक क्षेत्र (प्रतिचक्रवात—anticyclone) और निम्न दाब का एक (चक्रवात—cyclone) रहता है । अतएव देश के विभिन्न भागो मे वायुमण्डलीय दाब साधारणत असमान रहते है ।

मौसम के मानचित्र मौसम के कार्यालय (Weather Bureau) द्वारा बनाये जाते है जो राष्ट्रीय कृषि विभाग की एक शाखा है । वे देश के अनेक केन्द्रीय कार्यालयो द्वारा तैयार किये जाते है । इन कार्यालयो को वायु के दाब और तापमान, पवन की दिशा और वेग, बदली (cloudiness—मेघता) और अवक्षेपण से सम्बन्धित तथ्य, सरकार द्वारा स्थापित एव प्रवर्तित अनेक स्थानो अथवा 'स्टेशनो' (केन्द्रो) से प्रतिदिन तार द्वारा भेजे जाते है ।

(२) पवन (Wind)—जहा कही वायुदाब असमान होते है वहा वायु दाबी तल विषम (uneven) रहते है । वे तल चक्रवातो मे दबे हुए (depressed) और प्रतिचक्रवातो मे उभरे हुए (elevated) रहते है । इसके परिणामस्वरूप प्रति चक्रवातो से चक्रवातो की ओर पवने चलनी चाहिए । मानचित्र मे दी हुई तिथि पर (चित्र ५३४) क्रमश पूर्व और पश्चिम मे स्थित 'उच्च' से पवन अवश्य ही बाहर को बहती रही होगी, और उस दिन जबकि दबाव इस प्रकार के थे जैसे कि मानचित्र पर अकित है, पवने उत्तर-पश्चिम मे 'निम्न' की ओर को चली होगी। मानचित्र पर अकित तीर पवनो की दिशा को प्रकट कर रहे है । पवने उसी दिशा मे चल रही थी जिस ओर को तीर जा रहे है, यह सूचना विभिन्न केन्द्रो से प्राप्त हुई थी।

यह देखा जा सकता है कि न तो पवने प्रतिचक्रवातीय केन्द्रो से सीधे बाहर को बहती है और न चक्रवातीय केन्द्रो की ओर सीधे भीतर को आती है । प्रत्येक 'उच्च' से वे निस्सन्देह सीधे बाहर को प्रारम्भ होती है, किन्तु जैसा कि प्रतिचक्रवात के चारो ओर के अधिकाश तीरो से विदित होता है, वे अपनी दाहिनी ओर मुड जाती है । इसी प्रकार जो पवनें चक्रवातीय केन्द्रो की ओर को बहती है, वे उनकी ओर सीधी नही रहती है, वरन जैसा कि 'निम्नो' के चारो ओर के अधिकाश तीरो मे प्रकट है, वे कुछ दाहिनी ओर को मुड सी जाती है । दक्षिणी गोलार्द्ध मे यह मोड बायी ओर को होता है । चित्र ५३५ 'उच्चो' और 'निम्नो' के चारो ओर सैद्धान्तिक

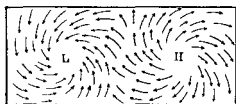



Fig 535

Diagram showing the direction of circulation about lows and highs *A* northern hemisphere, *B* southern hemisphere

संचार (theoratic circulation) को दिखाता है। *A* उत्तरी और *B* दक्षिणी गोलार्द्ध के प्रतीक हैं।

यह ध्यान देने की बात है कि पश्चिमी उच्च (चित्र ५३४) में दो तीर उच्च दवाव क्षेत्र के केन्द्र की ओर को है। वे सम्भवतः यह प्रकट करते हैं कि प्रतिचक्रवात के सामान्य क्षेत्र के भीतर कम दाव के सहायक (subordinate) केन्द्र थे, और अन्य पवने उनकी ओर वही (चली) थी। यदि वास्तविकता यही है तो सहायक निम्न (subordinate lows) इतने दुर्वल थे कि वे उन समदाव रेखाओं द्वारा नही दिखाये जा सकते थे, जो ०·१ इंच के अन्तरों को प्रदर्शित करती हैं।

मानचित्र से विभिन्न स्थानों पर पवनो की शक्ति के विषय में कुछ निष्कर्ष निकाला जा सकता है। **चित्र ५३४** में, पूर्व में 'उच्च' के केन्द्र से मिशीगन झील की दूरी लगभग ८०० मील (१०८० किलोमीटर) है और दाव का अन्तर लगभग ०·५ इंच है। अतः प्रवणता (gradient) लगभग १ है। अंग्रेजी प्रणाली (English system) मे जिसमे १६० मील मे इंच का $\frac{1}{10}$ होता है, इसका अर्थ यह है कि प्रति घण्टा लगभग २० किलोमीटर (१२ मील) का पवन का वेग—मलयानिल (fresh breeze)—इन स्थानों के बीच में है। मिशीगन के उत्तरी डाकोटा को वहने वाली पवन का वेग लगभग वही है। टैक्सास से उत्तरी डाकोटा को जाने वाली पवन का वेग वहुत कम है। सामान्यत जहाँ समदाव रेखाएँ एकत्रित (crowded—सकुलित) रहती है, वहाँ प्रवणता (gradient) उच्च होती है और पवने प्रवल रहती है। जहाँ वे दूर-दूर विखरी रहती है, वहाँ प्रवणता निम्न होती है और वायु का प्रवाह हलका रहता है। कुछ चक्रवातीय तूफानो मे पवने प्रति घण्टा ४० से ६० मील (६४ से ९६ किलोमीटर) तक का वेग धारण कर लेती है; किन्तु औसत वहुत कम रहता है, और चक्रवातीय पवन मे (प्रभजन पवन नही—not tornadic) जो इतनी प्रवल हो कि विनाशकारी वन जाए, ऐसा शायद ही कभी होता है।

किसी चक्रवात के आसपास वायु का सचार ऊर्ध्वाधर एवं क्षैतिज दोनो ही होता है: वायु की धाराएँ एक साथ ही तूफान (storm) के केन्द्र की ओर भीतर को और साँप की सी टेढी-मेढ़ी गति (spirally) से ऊपर को वढती है। यह ऊर्ध्वगति अवक्षेपण के ऊपर अपना महत्त्वपूर्ण प्रभाव डालती है। चक्रवात मे वायु की गति के ऊर्ध्व और वाह्य मार्ग को **चित्र ५३६** में दिखाया गया है जो किसी चक्रवात के ऊर्ध्वाधर काट (vertical section) को उपस्थित करता है, और यह प्रकट करता है कि ऊपर का वाह्य-प्रवाह प्रधानतया पूर्व की ओर उसी दिशा में है जिधर को प्रचलित पवने वहती है।

(३) मेघता (वदली), अवक्षेपण आदि (Cloudiness, precipitation, etc)—मौसम के मानचित्रो पर किसी तीर के फलक पर खुला वृत्त स्वच्छ आकाश सूचित करता है; अर्द्ध-काला वृत्त (half-blackened circle) प्रकट करता है कि आकाश कुछ भाग मे मेघो से युक्त है; जवकि काला वृत्त (black circle) (Texas, Wyoming, आदि मे) सामान्य वदली को सूचित करता है। जहाँ तीर पर *R*

दिखाई पडता है, उसका अर्थ है कि वर्षा हो रही है। उदाहरण के लिए, इओवा (Iowa) एव अलाबामा (Alabama) मे। जहा उसी स्थिति मे S दिखाइ पडता है, उससे यह विदित होता है कि हिमपात हो रहा है, जैसे कि उत्तर-पश्चिमी मिनीसोटा, वरजीनिया और मेरीलैण्ड मे।

मौसम का यह मानचित्र सूचित करता है कि न्यूनाधिक (more or less) अवक्षेपण इस चक्रवात के साथ है, और कई एक मौसमी मानचित्रो के परीक्षण से ज्ञात होगा कि अनेक चक्रवात शीत अथवा वर्षा से युक्त रहते है। अवक्षेपण वर्षा अथवा शीत का स्वरूप ग्रहण करता है, यह बात तापमान पर निर्भर है।

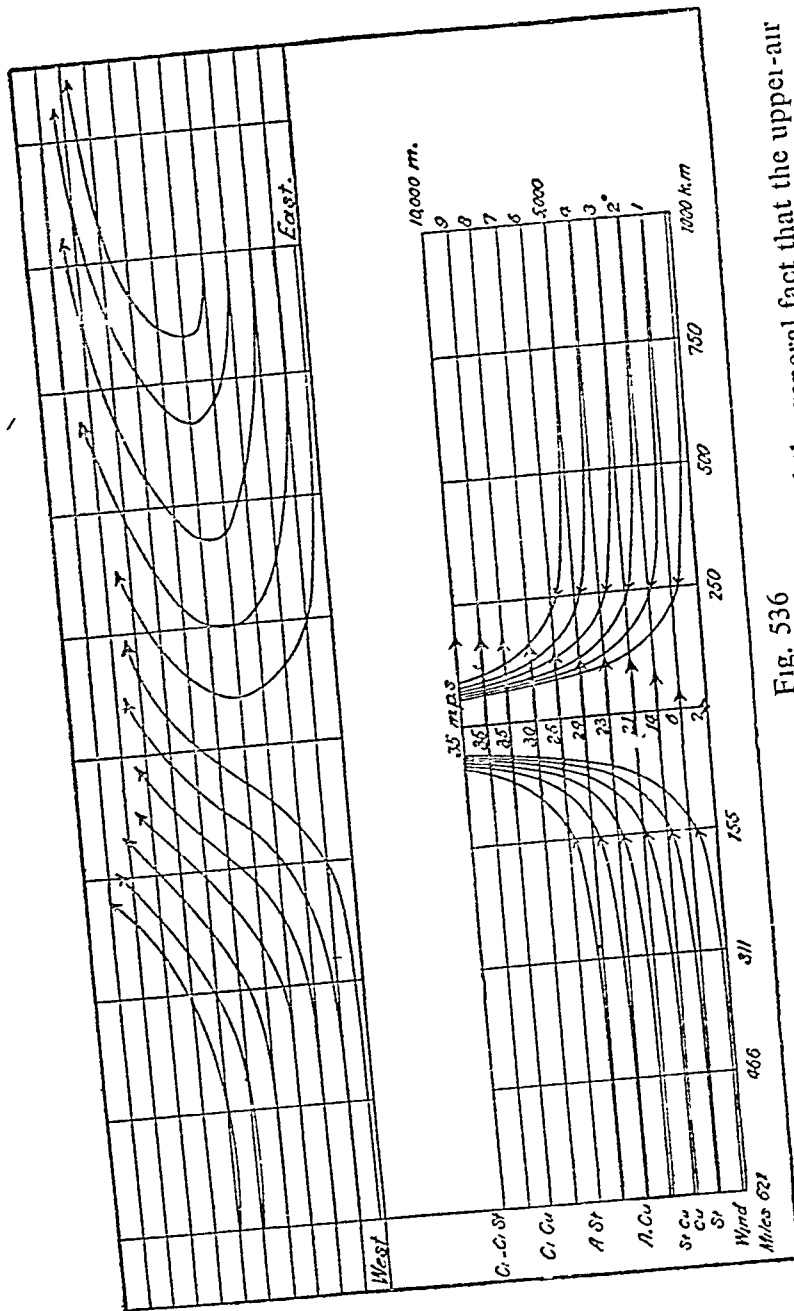
(४) **तापमान** (Temperature)—मौसम के मानचित्र की टूटी हुई रेखाएँ समताप रेखाएँ है। ५०° फा० की समताप रेखा (चित्र ५३४) खाडी के राज्यो (Gulf States) को पार करती है। इसके दक्षिण मे तापमान ५०° से ऊपर है, किन्तु इस मानचित्र के क्षेत्र के भीतर वह इतना ऊँचा नही है कि ६०° तक पहुँच जाए। ४०° की समताप रेखा अधिक अनियमित है। यह ज्योर्जिया से न्यू मेक्सिको तक विस्तृत है, किन्तु इन स्थानो के बीच मे यह नेब्रास्का (Nebraska) के भीतर उत्तर को मुड जाती है। इस समताप रेखा और ५०° की समताप रेखा के बीच समस्त स्थान ४०° और ५०° के बीच के तापमान रखते है।

३०° की समताप रेखा और भी अधिक अनियमित है। ड्यूबुक (Dubuque), आ (Ia), शिकागो (Chicago), क्लीवलैण्ड (Cleveland), चारलोट (Charlotte), N C, और नौरफौक (Narfolk), वा (Va), लगभग समान तापमान रखते है। ३०° की एक समताप रेखा इडाहो (Idaho) से न्यू मैक्सिको तक भी एक टेढे मेढे मार्ग पर विस्तृत है जबकि ३०° की एक तीसरी समताप रेखा 'निम्न' के चारो ओर दिखाई देती है। अत ३०° की दो समताप रेखाएँ मानचित्र पर एक-दूसरे के बाद है—एक पूर्व के क्षेत्र मे और दूसरी 'निम्न' के दक्षिण पश्चिम के क्षेत्र मे।

इन समताप रेखाओ के बीच तापमान की व्याख्या निम्न प्रकार से करनी चाहिए—मान लो जब पूर्व (न्यूयार्क) से 'निम्न' के समीप पहुँचते है तो तापमान ऊँचा उठता है। सुपीरियर झील के मध्य मे तापमान २०°, और डलुथ पर ३०° है। पश्चिम की ओर दूसरी समताप रेखा ४०° न होकर ३०° है, और उससे आगे भी पश्चिम की ओर दूसरी २०° है। समताप रेखाओ की यह व्यवस्था प्रकट करती है कि डलुथ के मध्य से गुजरने वाली ३०° की समताप रेखा के पश्चिम मे तापमान ३०° से औष्णतर (warmer) है, किन्तु इतना औष्ण नही कि ४०° हो, जबकि और भी पश्चिम की ओर तापमान पुन शीतल हो जाता है और उत्तरी डाकोटा के पूर्वी भाग मे ३०° तक पहुँच जाता है।

समताप रेखाएँ सामान्यत दो स्पष्ट विशेषताएँ प्रकट करती हैं—(१) अक्षांश रेखाओ के साथ उनका कोई सम्बन्ध नही रहता है, क्योकि एक ही अक्षांश मे स्थानो के तापमान अति भिन्न होते है, और अक्षांश के विचार मे एक दूसरे से अति दूर

Fig. 536

Diagram illustrating the general structure of a cyclone, and the general fact that the upper-air movements are in the direction of the prevailing winds. (*U. S. Weather Bureau*)

के स्थान एक ही तापमान रखते है, और (२) जहाँ समदाब रखाएँ निम्न दवाव प्रकट करती ह, वहा समताप रेखाएँ ध्रुवो की ओर, और जहा दाब उच्च होता है, वहा पर वे भूम यरेखा की ओर उन की प्रवृत्ति (disposition) प्रकट करती है। अधिकाश मौसमी मानचित्र जो आगे आयेंगे, समदाब रेखाओं और समताप रखाओ क बीच इमी प्रकार का सम्बध दिखाते है।

तापमान, दाब, पवन, बदली, वर्षा इत्यादि मौसम के अग हैं। नीचे मानचित्र पर ये सभी बातें दिखायी गयी है। अत उसे मौसम का मानचित्र अथवा मौसमी मानचित्र (weather map) कहना ठीक ही है।

कभी कभी 'निम्न' और 'उच्च' **चित्र ५३४** म जिस प्रकार से दिखाय गये है, उसकी अपेक्षा अत्यत अधिक स्पष्ट होते है। **चित्र ५३७** मे 'निम्न' अधिक स्पष्ट है, दाब का सीमातर (range) केन्द्र मे २९ ० से लेकर पूव मे ३० १ तक और पश्चिम म ३० ५ तक है। दाब का इतना बडा सीमातर जैसा इस मानचित्र म दिखाया गया है, सामान्य घटना नही है। इस चित्र मे पहले चित्र की अपेक्षा समदाब रेखाएँ अधिक पास पास है, अत वे अधिक प्रबल पवन को प्रकट करती है। विभिन्न स्थानो पर पवन का लगभग वेग (approximate velocity) मानचित्र से निकाला जा सकता है। 'निम्न' के चारो ओर पवनो की दिशा वही है जो **चित्र ५३४** मे दिखायी

Fig 537

Weather map for January 16 1901 (*U S Weather Bureau*)

गयी है। 'निम्न' के दक्षिण-पूर्वी भाग म मघो से युक्त आकाश की प्रधानता है और कुछ स्थानो पर हिमपात हो रहा है (मौण्ट्रियाल डलुथ)। मानचित्र तापमान के महान सीमातर (range) को भी उन क्षेत्रो मे दिखाता है जो एक दूसरे से बहुत दूर नही है। जैसे, सौल्ट स्टे० मेरी (Sault Ste Marie) पर ३०° फा० का

तापमान है, और केवल कुछ ही दूर उत्तर मे विनीपेग पर —१०° का तापमान है, जबकि मौण्ट्रियाल का तापमान सान्ता फे (Santa Fe) से ऊँचा है जैसा कि

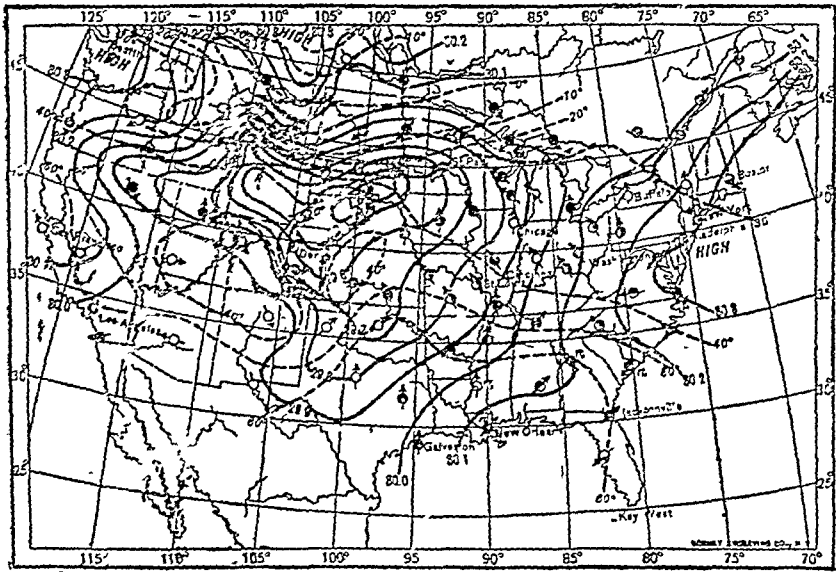



Fig. 538
Weather map showing a large asymmetrical low, March 2, 1904
(U. S. Weather Bureau)

पूर्ववर्ती उदाहरण मे था कि उच्च दाव होने पर तापमान निम्न होता है और निम्न दाव के साथ ऊँचा तापमान रहता है ।

चित्र ५३८ एक विशाल और कम सुडौल (less symmetrical) 'निम्न' प्रकट करता है । पवनें इसकी ओर को चलती है किन्तु इसके केन्द्र के दाहिनी ओर को मुड जाती है । चक्रवात के चारो ओर एक विशाल क्षेत्र के ऊपर बादलो की प्रधानता है, और कुछ स्थानो पर शीन और वर्षा गिर रही है ।

इस मानचित्र का 'निम्न' लगभग सम्पूर्ण देश पर छाया हुआ है । पूर्व मे ३० इञ्च की समदाव रेखा से पश्चिम मे ३० इच की समदाव रेखा तक नापने पर चक्रवात लगभग १,८०० मील (२,८८० किलोमीटर) आरपार है । इस 'निम्न' के दक्षिणी पार्श्व पर समताप रेखाएँ उत्तर की ओर मुडती है । **चित्र ५३९** एक लम्बाकार चक्रवात (elongate cyclone) को प्रकट करता है, जिसका एक व्यास बहुत लम्बा है, और **चित्र ५४०** दूसरे दिन इसके रूपान्तर को प्रकट करता है । **चित्र ५३९** की समताप रेखाएँ, केवल उत्तर-पश्चिम के (नेब्रास्का, व्हूमिग, मौण्टाना) जहाँ तापमान दक्षिणी डाकोटा के रैपिड सिटी (Rapid City) के समीप २०° से अलबर्टा में क्यू अपैला पर —३०° तक गिर जाता है, कोई विचित्रता प्रकट नही करती है; एक इतना महान अन्तर जिसका समाधान अक्षाश मे अन्तर द्वारा नही किया जा सकता । यह देखा जा सकता है कि क्यू अपैली (Q' Appelle) उस

'उच्च' के दक्षिण पूव मे है जहाँ पर तापमान की कमी स्पष्ट है, जैसा कि दक्षिणी डाकोटा मे समताप रेखाओ के सकुलन (crowding) द्वारा दिखाया गया है।

Fig 539

Weather map howing a large elliptical cyclone January 22, 1906 (U S Weather Bureau)

तापमान का आकस्मिक परिवतन एक एसे प्रदेश म है जहाँ पवन प्रबल है और उत्तर-पश्चिम से है।

समस्त पूववर्ती चक्रवातो के चारो ओर कुछ अवक्षेपण सूचित किया गया है, जबकि अधिकाश प्रतिचक्रवातो के चारो ओर अवक्षेपण का अभाव है। किसी 'निम्न' के चारो ओर वर्षा एव हिमपात के लिए मुख्य कारण निम्नलिखित है—भीतर की ओर *बहती हुई वायु एक ऊर्ध्वगामी टढी मेढी धारा* (upward spiral current) उत्पन्न करती है, ऊपर उठती हुई वायु फलती ह और शीतल हो जाती है तथा इस कारण अपनी कुछ नमी को त्याग देती है। चक्रवात के दक्षिण-पूर्वी चौथाई भाग (quadrant) म अतिरिक्त अवक्षेपण इस कारण होता है कि चक्रवात मे प्रवेश करने वाली वायु ओष्णतर स शीतलतर अक्षाशो मे आ रही है। सम्भवत यही कारण ह जिससे किसी चक्रवात के आसपास इस भाग (quadrant) मे अवक्षेपण अधिकतम होता है। उत्तरी गोलार्द्ध मे दाहिने हाथ की ओर वायु की गति प्रधान अवक्षेपण के केन्द्र को चक्रवात के केन्द्र के दक्षिण के कुछ पूव की ओर हटा दिया करती है।

प्रतिचक्रवात मे वायु की नीचे उतरती हुई टढी मेढी गति होती है। नीचे उतरती हुई वायु एक एसी ऊचाई से आती है जो वायुमण्डल के नितल पर की *अपक्षा अधिक शीतल होती है,* और इस कारण वह तापमान को कम कर देती है। चूकि नीचे उतरते समय वायु दबी हुई (compressed—सपीडित) और तपी हुई

(गरम) होती है, अतः अधिकांश प्रतिचक्रवातों से आती हुई पवन स्वच्छ मौसम लाती है। परन्तु नीचे और बाहर की ओर चलने वाली वायु अपने आसपास की

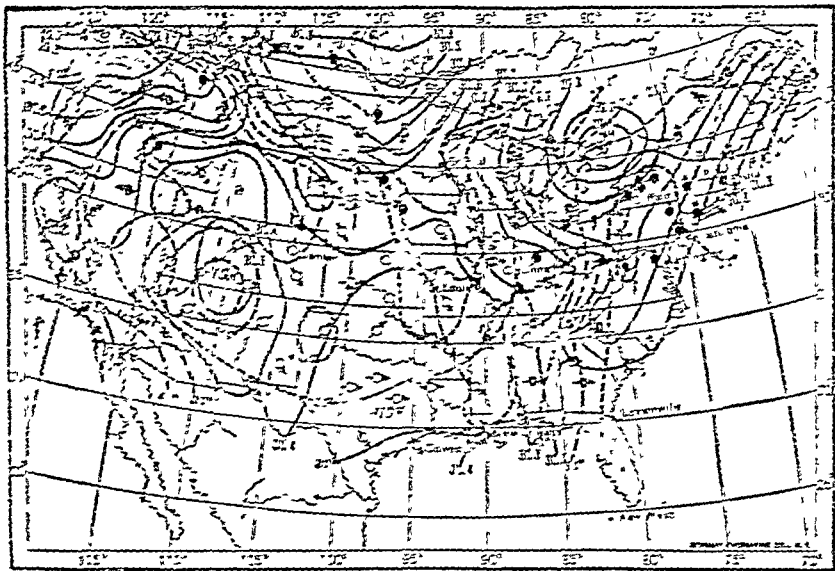



Fig. 540

Weather map for January 23, 1906, showing great changes in the cyclone of the preceding day. (*U. S. Weather Bureau*)

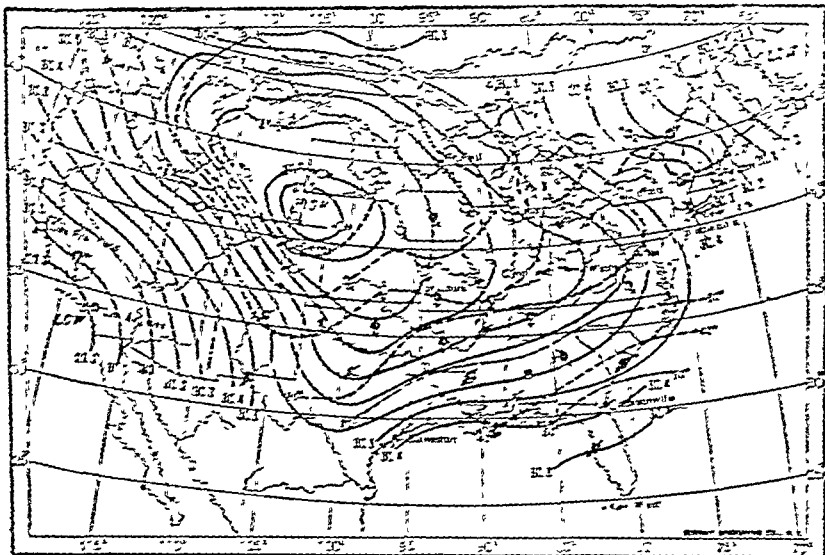



Fig. 541

Weather map for December 9, 1898, showing a high of great area. (*U. S. Weather Bureau*)

ओष्ण (warm) वायु के साथ इस प्रकार मिल सकती है कि ओष्ण वायु की कुछ नमी संघनित हो जाए जिससे बादल उत्पन्न हो जाएँ, अथवा जवर्षण भी हो सकता है।

कभी-कभी किसी विस्तृत क्षेत्र के 'उच्च' अथवा 'निम्न' भी उत्पन्न होते हैं। चित्र ५४१ एक उच्च अथवा प्रतिचक्रवात प्रकट करता है जो लगभग २,२०० मील (३,५२० किलोमीटर) आरपार है और जिसमे दाब का महान सीमान्तर है। इस चार्ट की समताप रेखाएँ इसकी समदाब की रेखाओ के साथ अति निश्चित सम्बन्ध रखती हैं, उच्च दाबो के साथ निम्न तापमान स्थित हैं। 'उच्च' मे डेनवर (Denver), ३° और उत्तर मे एक 'निम्न' मे मेन (Maine) के दक्षिणी भाग की अपेक्षा लगभग ३०° अधिक शीतल है।

चक्रवातों एव प्रतिचक्रवातों की गतियां (Movements of cyclones and anticyclones)— उच्च एव 'निम्न' दिन प्रतिदिन उसी स्थान मे नहीं, वन रहते हैं। इस तथ्य को चित्र ५४२–५४५ तक एव आगे आने वाले अन्य मौसमी चित्रो द्वारा जो क्रमिक दिनो के मौसमो का प्रकट करते हैं दिखाया गया है।

चित्र ५४२ मे दिखाया गया है—(१) सैंटलारेंस (St Laurence) की खाड़ी

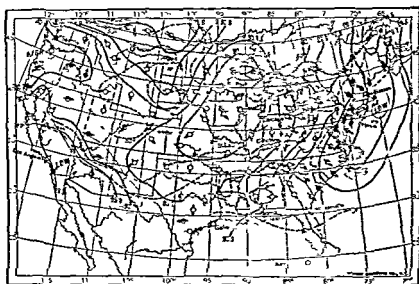



Fig 542
Weather map for September 24 1903 The shading in this and succeeding maps represents precipitation (*U S Weather Bureau*)

के ऊपर एक 'निम्न', (२) ईओवा (Iowa) के ऊपर एक उच्च केन्द्र, (३) ब्रिटिश कोलम्बिया के ऊपर एक 'निम्न', (४) ओरेगान मे एक 'उच्च'। आने वाले दिन का मानचित्र (चित्र ५४३) दिखाता है कि—(१) सैण्टलारेंस की खाड़ी का 'निम्न' पूर्व की ओर को खिसक गया है, (२) भीतरी भाग का 'उच्च' पश्चिमी वर्जीनिया

(West Virginia) को खिसक गया है, (३) जो 'निम्न' ब्रिटिश कोलम्बिया के ऊपर था वह डाकोटा मे चला गया है; जबकि (४) औरेगान तट का 'उच्च' वही पर बना हुआ है जहाँ पर वह था। इसके अगले दिन का मानचित्र (**चित्र ५४४**) दिखाता है कि—(१) वरजीनिया का 'उच्च' आगे बढ गया है, किन्तु उतना नही जितना कि इससे पहले वाले दिन बढ़ा था, (२) जो 'निम्न' उत्तरी डाकोटा के ऊपर था वह अब सुपीरियर झील के उत्तर मे है; (३) औरेगान का उच्च पूर्व की ओर इडाहो (Idaho) और मौण्टाना तक बढ़ गया है, और (४) ओकलेहामा मे एक अशक्त 'निम्न' विकसित हो गया है।

दिनाक २७ का मानचित्र (**चित्र ५४५**) दिखाता है कि—(१) वरजीनियाज के ऊपर जो 'उच्च' था वह सम्भवत· पूर्व की ओर विलुप्त हो गया है; (२) सुपीरियर झील के उत्तर मे जो 'निम्न' था वह अब ओण्टेरियो झील के उत्तर मे है, (३) मौण्टाना का 'उच्च' दक्षिण-पूर्व मे कसास को खिसक गया है, और (५) दक्षिणी कैलीफोर्निया मे एक दूसरा 'निम्न' विकसित हो गया है।

यद्यपि इन मानचित्रो के सभी 'उच्च' एव 'निम्न' एक सामान्य पूर्वी दिशा मे वढे है, तथापि 'उच्च' शायद ही 'निम्नो' की अपेक्षा पूर्व के अधिक दक्षिण की ओर को वढे है। इन मानचित्रो द्वारा दिखाये गये 'उच्चो' एव 'निम्नो' की वढने की दिशा

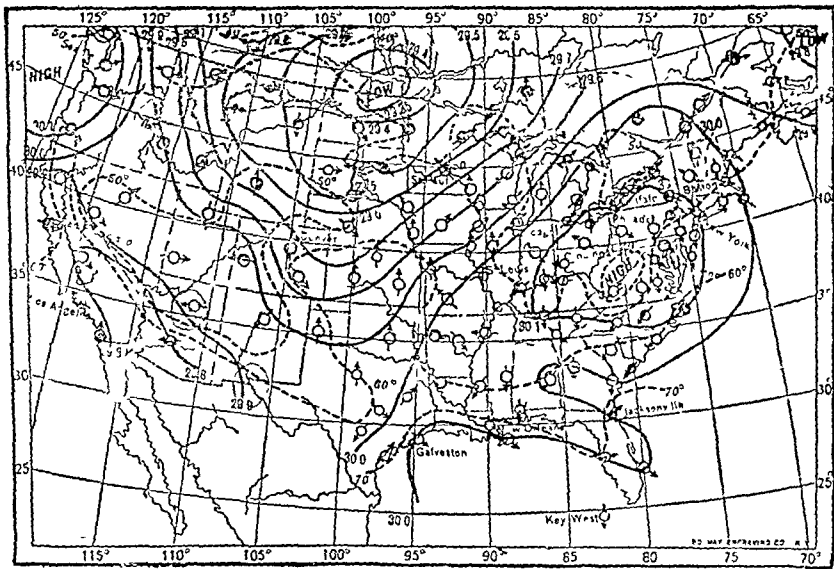



Fig. 543
Weather map for September 25, 1903. (*U S. Weather Bureau*)

सामान्य (normal) दिशा है, यद्यपि प्रत्येक चक्रवात और प्रतिचक्रवात सामान्य (normal) से स्पष्ट रूप मे अलग-अलग हो जाते है। हमारे मध्य अक्षाशो में चक्रवात की औसत दिशा लगभग उत्तर ८०° पूर्व (N. 80° E.) अथवा पूर्व के १०° उत्तर है। प्रतिचक्रवात कुछ अधिक दक्षिणी मार्ग अपनाते है।

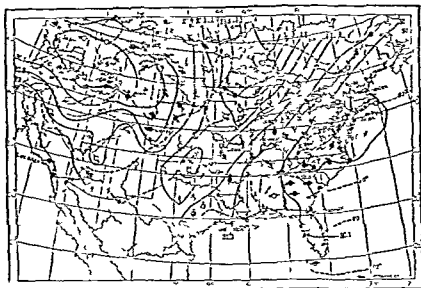



Fig 544
Weather map for September 26 1903 (*U S Weather Bureau*)

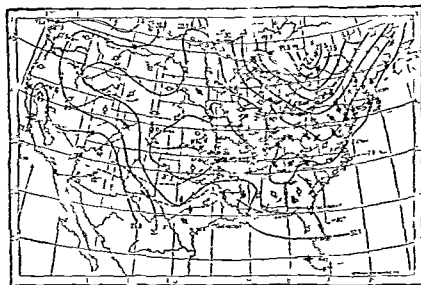



Fig 545
Weather map for September 27 1903 The symbol which appears in central Arkansas and western Tennessee indicates a thunderstorm at or near the point where the symbol occurs during the twelve hours preceding the issue of the weather map
(*U S Weather Bureau*)

SATURDAY, DECEMBER 24, 1904—8 A. M.

Fig. 546. The shading represents precipitation. (*Cox, U. S. Weather Bureau*)

HIGH
LOW
HIGH
LOW
LOW
SUNDAY, DECEMBER 25, 1904—8 A M

Fig 548 The row of arrows ending at the low in Michigan shows the course of the storm from Colorado, and the arrows northwest of the cyclone in Arizona show the course of this storm thus far. U. S (*Weather Bureau*)

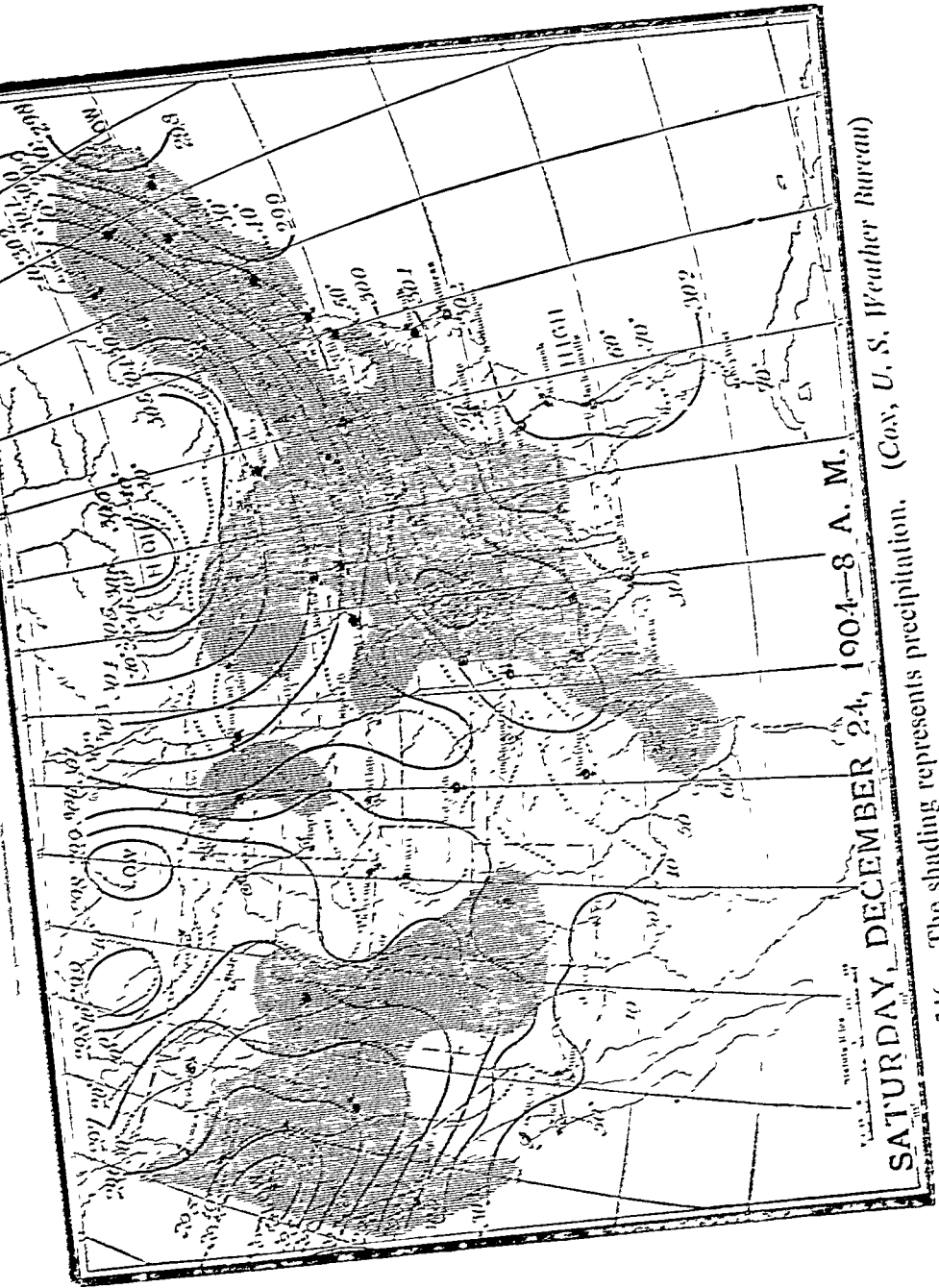
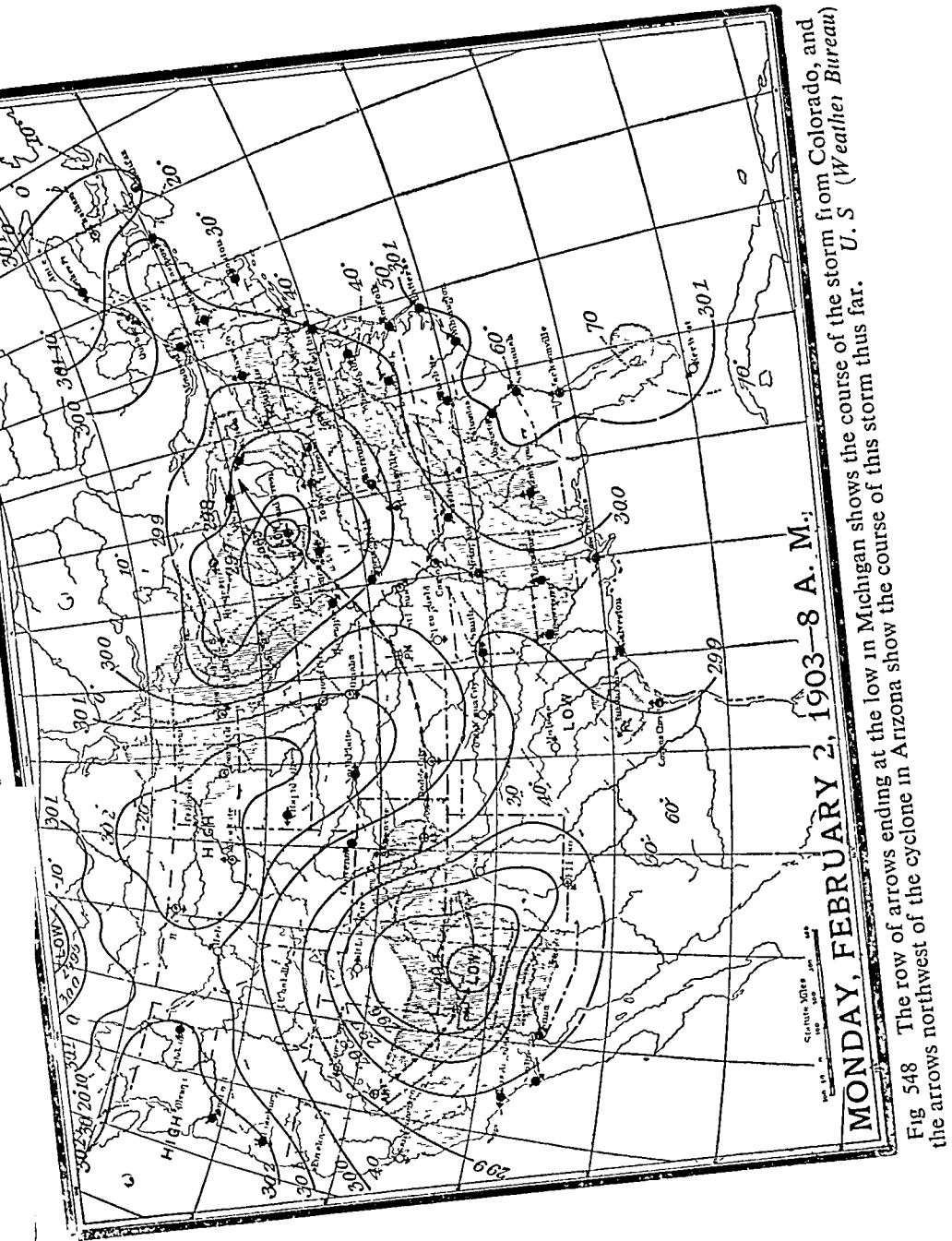
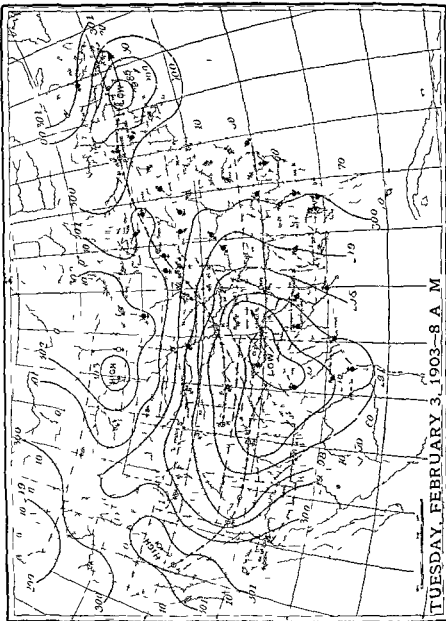



Fig 549 The rows of arrows to the west of the cyclones show their courses
(Cox U S Weather B re)

WEDNESDAY, FEBRUARY 4, 1903—8 A. M.

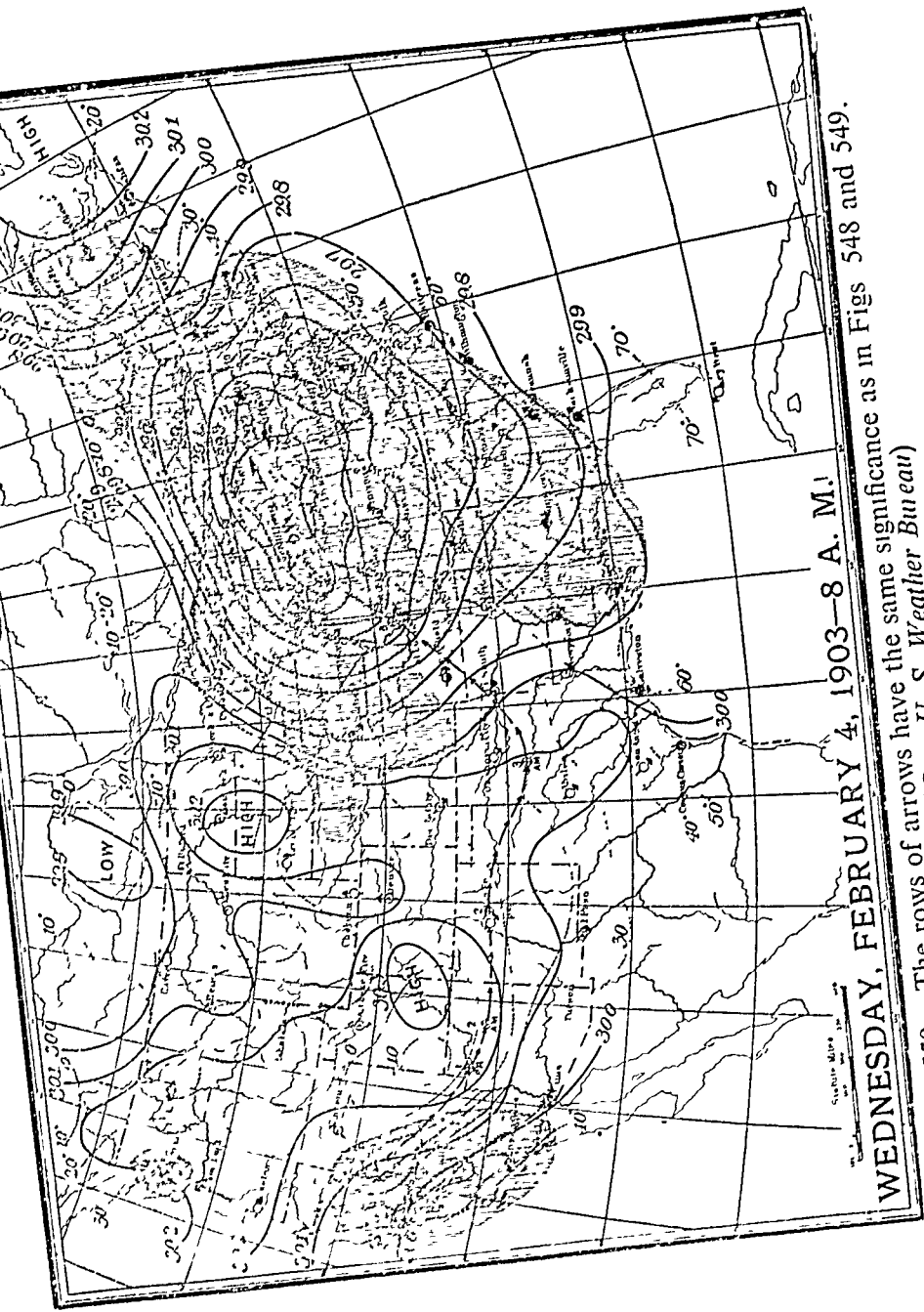



Fig. 550. The rows of arrows have the same significance as in Figs 548 and 549. (*Cox, U. S. Weather Bureau*)

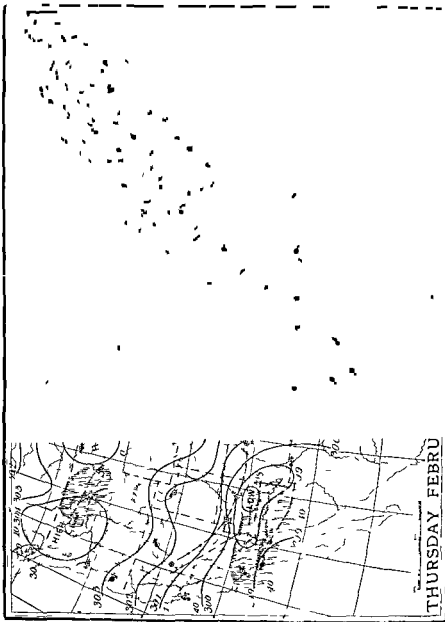



Fig 551 (Cox U S Weather Bureau)

इन मानचित्रों के अध्ययन द्वारा केवल गति का ही तथ्य नही वरन् 'उच्चो' एव 'निम्नो' की गति की दर का भी हिसाब लगाया जा सकता है। जैसे, २५ से २६ तक (**चित्र ५४३ एवं ५४४**), ब्रिटिश कोलम्बिया का 'निम्न' लगभग १,२०० मील (१,९२० किलोमीटर) आगे बढा। संयुक्त राज्य में चक्रवातों का औसत वेग प्रति घण्टा २९ मील (लगभग ४८ किलोमीटर) की अपेक्षा कुछ कम है (लगभग ७०० मील या १,१२० किलोमीटर प्रतिदिन); और प्रतिचक्रवातो का इससे भी कम है।

ऐसा नही समझना चाहिए कि तूफान की प्रगति की दर वही है जैसा कि पवन का वेग। किसी पवन का वेग समदावी प्रवणता (isobaric gradient) के ऊपर निर्भर करता है। एक अशक्त चक्रवात, अर्थात् ऐसा चक्रवात जिसमें दाव का अन्तर महान नही होता, अशक्त पवनें उत्पन्न किया करता है, यद्यपि तूफान का केन्द्र शीघ्रता से ही आगे को बढ़ता रहता है। एक प्रबल चक्रवात, अर्थात् जिसमे दावों के अन्तर महान होते है (**चित्र ५३७**), प्रबल पवनो को उत्पन्न करता है, यद्यपि चक्रवात स्वय धीरे-धीरे आगे को बढता है।

चित्र ५४६ और **५४७**, २४ दिसम्बर से २५ दिसम्बर, १९०४ तक 'निम्नो' एव 'उच्चो', अथवा चक्रवातो एव प्रतिचक्रवातो की प्रगति दिखाते हैं। दिनांक २४ को औरेगान के ऊपर निम्न केन्द्रीय का मार्ग २५ के मानचित्र पर तीरो द्वारा दिखाया गया है। **चित्र ५४८** से लेकर **५५१**, फरवरी १९०३ मे चार क्रमिक दिनो के लिए चक्रवातो एव प्रतिचक्रवातो की गतियाँ दिखाते है, और विशेप रूप से अरीजोना से (**चित्र ५४८**) मेन (Maine) तक (**चित्र ५५१**) एक निम्न मार्ग को प्रदर्शित करते है। इन मानचित्रो पर दिखायी गयी 'उच्चो' एव 'निम्नो' की प्रगति इसी प्रकार की अधिकाश वायुमण्डलीय विक्षुब्धियो (atmospheric disturbances) की गति के सामान्य मार्ग को प्रदर्शित करती है।

सयुक्त राज्य मे चक्रवातो और प्रतिचक्रवातो के माध्य (mean) मार्ग **चित्र ५५२** मे दिखाये गये है। अधिक मोटी रेखाएँ प्रतिचक्रवातो के औसत मार्गो को दिखाती है, और हलकी रेखाएँ चक्रवातो के मार्गो को। कुछ प्रतिचक्रवात संयुक्त राज्यो मे प्रशान्त महासागर से प्रवेश करते है, जबकि अन्य मौण्टाना के उत्तर और उत्तर-पश्चिम स्थल पर आरम्भ होते है। प्रतिचक्रवात महाद्वीप के आरपार या तो उत्तर का या दक्षिण का मार्ग ग्रहण करते है। पहला वाला तो बडी झीलो के मध्य-प्रदेश से होकर दक्षिणी न्यू इगलैण्ड तक फैलता है, जबकि द्वितीय अटलाण्टिक अथवा दक्षिणी अटलाण्टिक तट तक पहुँचता है। प्रशान्त महासागर से प्रवेश करने वाले प्रतिचक्रवात इनमे से कोई से भी एक मार्ग को ग्रहण कर सकते है, और उत्तर-पश्चिम मे उत्पन्न होने वाले भी ऐसा ही कर सकते है, जैसा कि चित्र मे दिखाया गया है।

आरम्भ मे जब चक्रवात उत्पन्न होते है तो वे अनेक स्थानो मे दिखाई दे सकने है। उनमे से अधिकतर ऐसे होते है जो किसी अन्य स्थान की अपेक्षा उन स्थानो के निकट उत्पन्न होते है जहाँ प्रतिचक्रवातो का जन्म हुआ करता है, किन्तु

अनेक कौलोरेडो, ग्रेटबेसिन, टैक्साज एव अन्य स्थानो पर भी आरम्भ होते हैं। उत्तर पश्चिम में आरम्भ होने वालो मे से अधिकाश बडी झीला के प्रदेश के मध्य से आरम्भ होकर न्यू इगलैण्ड तक पहुँचते हैं। उसमे और दक्षिण की ओर उत्पन्न होने वाले दक्षिणी माग का अनुसरण करते हुए अटलाण्टिक तक जा सकते है, अथवा उत्तर की ओर को भी जा सकते है। कुछ उष्णकटिबन्धीय चक्रवात, जिनका वर्णन बाद मे किया जाएगा, निचले अक्षाशो से मैक्सिको की खाडी मे पहुँचते है, और वहा से किनारे का अनुसरण करते हुए उत्तर-पूर्व की ओर को बढते है।

चित्र ५५२ मे एक और भी अन्य प्रकार की रेखाएँ, जो १ दिन, २ दिन

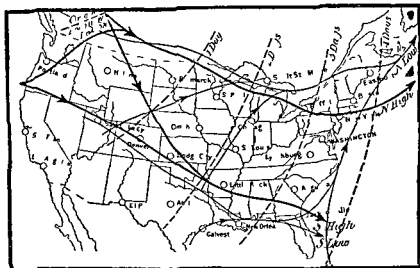



Fig 552

The heavier lines show the tracks of anticyclones and the lighter lines the paths of cyclones Off the South Atlantic coast anti cyclones are likely to turn northward (*U S Weather Bureau*)

३ दिन और ४ दिन से अकित हैं उन तूफानो की दैनिक प्रगति की औसत दर को प्रकट करती है जो क्रमिक दिनो पर उत्तर पश्चिम से आते है।

कुछ मौसमी मानचित्र पूर्ववर्ती मानचित्रो की अपेक्षा अधिक जटिल (complicated) होते है। **चित्र ५५३** एक ऐसा मानचित्र है जिस पर चार 'उच्च' और चार 'निम्न' है, उनमे से कुछ अशक्त है। मानचित्र से कुछ ऐसा ज्ञात होता है कि 'निम्न'-'उच्च' किस प्रकार एक दूसरे का अनुकरण करते हैं। समताप और समदाब रेखाओ के सम्बन्ध भी सूचनाप्रद हैं।

यह सरलता से देखा जा सकता है कि किसी चक्रवात का मार्ग पवन की दिशा के परिवर्तन मे निहित रहता है। उदाहरण के लिए **चित्र ५४८** मे बफलो नामक स्थान पर यद्यपि वह पछुवा पवनो के कटिबन्ध मे है, पवन पूर्व की ओर से आती है। दूसरे दिन जबकि तूफान का केन्द्र बफलो (Buffalo) से आगे बढ चुका

है (चित्र ५४९), पवन पछुवा है। किसी आते हुए चक्रवात की पूर्वी पवन साधारणतया सयुक्त राज्य के अधिकांश पूर्वी भाग मे वर्षा का सकेत मानी जाती है।

चक्रवात वायु को वडी ऊँचाइयो तक प्रभावित नही करते है। जव वडा ववण्डर (whirl or eddy) २,००० मील (३,२०० किलोमीटर) आरपार भी होता

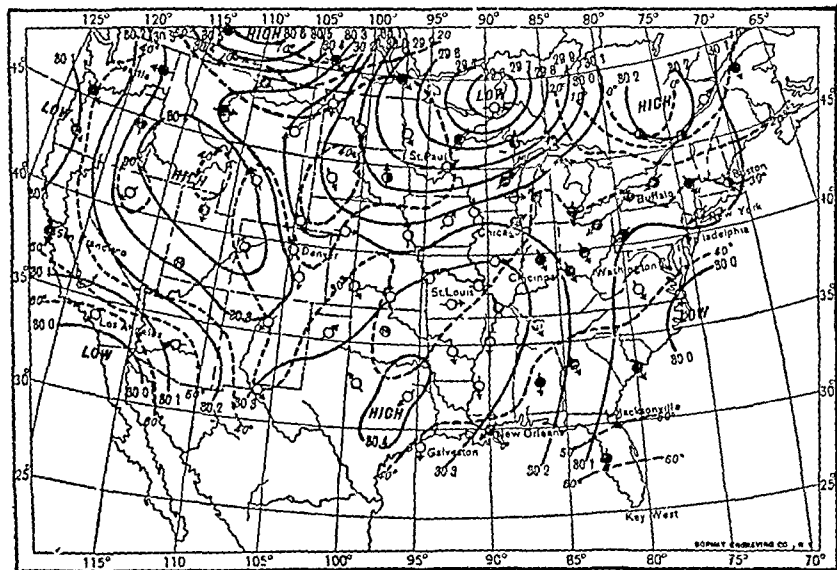



Fig. 553

Weather map for December 8, 1900. (*U. S Weather Bureau*)

है, जैसा कि कभी-कभी होता है, तो इसकी ऊँचाई (गहराई) शायद ही ४ या ५ मील (६ या ८ किलोमीटर) से अधिक होती है।

चक्रवातों और प्रतिचक्रवातों की मौसमी दशाएँ (Weather conditions of cyclones and anticyclones)—किसी चक्रवात के चलने के समय कुछ वायु नीचे से ऊपर की ओर को खिच आने के कारण से उष्ण अक्षाशो से शीतल अक्षाशो की ओर को खिच आती है। ग्रीष्म काल के मध्य मे इससे प्राय 'उष्ण-तरग' (hot-waves) उत्पन्न हो जाती है (**चित्र ५५४**), यद्यपि 'उष्ण-तरगे' चक्रवातो के साथ सदैव घनिष्ठता से सम्वन्धित नही है। इसी प्रकार की पवने पश्चिमी भूमध्यसागरीय प्रदेश मे सिराको (Sirocco) के नाम से प्रसिद्ध है, और अन्य स्थानो पर अन्य नामो से पुकारी जाती है।

अनेक चक्रवातो के साथ 'शीत-तरगे' (cold-waves) रहती है। इन पवनो को सयुक्त राज्य के दक्षिणी भाग मे नौर्दर्स (northers) और उत्तरी भाग मे कभी-कभी इनको हिम झझावात (blizzards) कहते है। हिम झझावात सामान्यत भारी हिमपात एव उच्च पवनयुक्त वे चक्रवात है जो तापमान को नीचा करते हैं। **चित्र ५५५**, ३ जनवरी, १८९६ का एक मानचित्र है और **चित्र ५५६** उसके दूसरे दिन का। चित्र मे मौण्टाना का 'उच्च' आरकसास और मिसीसिपी

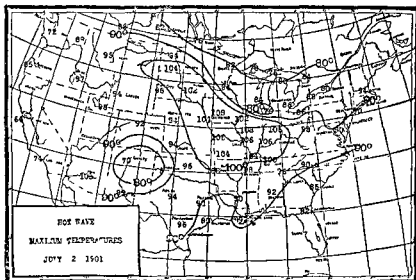



Fig 554

(*U S Weather Bureau*)

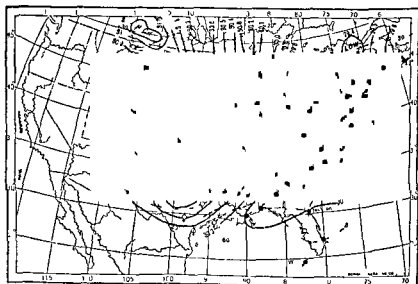



Fig 555

Map showing the minimum temperatures for January 3, 1896

(*U S Weather Bureau*)

की ओर को बढ़ गया है तथा फ्लोरिडा के संतरे के बागो के पास हिमांक तापमान उत्पन्न हो गया है।

संयुक्त राज्य की नौर्दर्स (northers) एवं दक्षिणी यूरोप की मिस्ट्रल (mistrals) एक ही वर्ग में आती हैं।

मध्यवर्ती अक्षांशों के चक्रवातों एवं प्रतिचक्रवातो की उत्पत्ति (Origin of the cyclones and anticyclones of intermediate latitudes)—चक्रवातो एवं

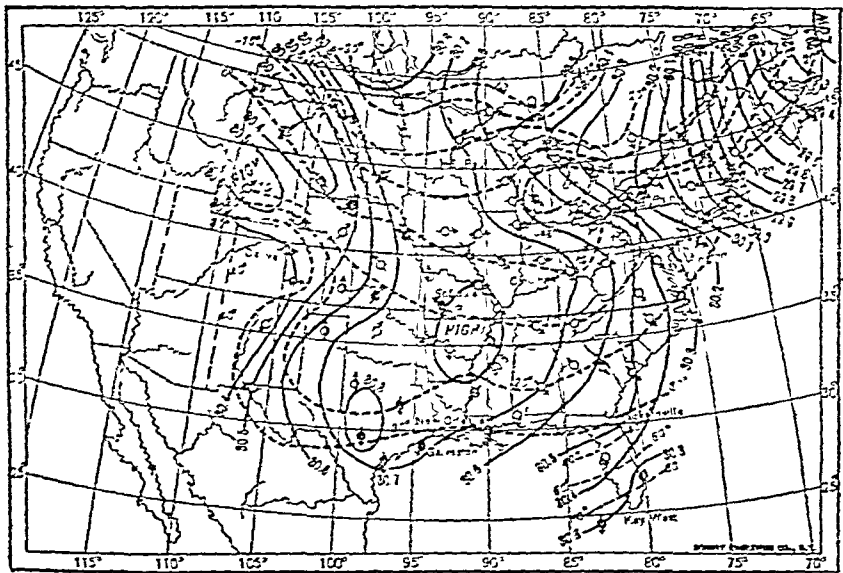



Fig. 556

Map showing the minimum temperatures for January 4, 1896. This figure shows the progress of the cold wave from the preceding day. At this time a freezing temperature has reached the orange groves of Florida. (*U. S. Weather Bureau*)

प्रतिचक्रवातो की कोई सन्तोष देने वाली व्याख्या, जो कहने मे सरल हो, नही की जा सकी है। निम्न दबाव के केन्द्र कतिपय क्षेत्रो की अत्यधिक गरमी द्वारा पैदा हो सकते हैं; किन्तु यह कारण समशीतोष्ण अक्षांशो के अधिकांश चक्रवातो की उत्पत्ति के लिए शायद ही उचित हो सकता है, क्योंकि वे ग्रीष्म की अपेक्षा शिशिर में अधिक सामान्य (common), अधिक प्रबल और अधिक तीव्रगामी होते हैं। जाड़े की ऋतु में वे प्रायः हिमाच्छादित उन क्षेत्रो में उत्पन्न होते है जहाँ पर अत्यधिक गरमी असम्भव है। औसत रूप मे महासागरीय चक्रवात स्थल-चक्रवातों की अपेक्षा अधिक शक्तिशाली होते है, और अत्यधिक स्थानीय गरमी उनकी शक्ति की पर्याप्त व्याख्या उपस्थित नही करती है। इसी प्रकार, प्रतिचक्रवातों के विषय में धारणा हो सकती है कि वे कतिपय क्षेत्रों की असाधारण शीतलता द्वारा उत्पन्न होते हैं, किन्तु यह तथ्य, कि यह उनका कारण नहीं है, इस घटना से स्पष्ट ज्ञात होता है कि वे

कभी कभी ओष्ण (warm) प्रदेशा म उत्पन्न होत ह, और आग इस घटना म कि ओष्ण मौसम की अपेक्षा शीत मौसम मे वे विशेष रूप मे अधिक मात्रा मे नही हात ह। दोना प्रकार के विक्षोभा (disturbances) की उत्पत्ति, सम्भवत तापमान की स्थानीय विषमताओ के कारण होने वाली वायुमण्डलीय गतियो की अपेक्षा शायद ही सामान्य सचार से सम्बन्धित वायुमण्डलीय गतियो के प्रसग मे देखनी होगी।

उष्णकटिबन्धीय चक्रवात (Tropical cyclones)—कभी कभी चक्रवात उष्णकटिबन्धीय प्रदेशो मे उत्पन्न होते ह और उनका माग समशीतोष्ण अक्षाशो के चक्रवातो के माग से नितान्त भिन्न होता है। उत्तरी अमरीका को प्रभावित करने वाले इस वग के अधिकाश चक्रवात पश्चिमी द्वीपसमूह मे उत्पन्न होते है और गर्मी के अन्तिम दिनो तथा पतझड के आरम्भिक दिनो मे अधिकता मे पैदा होते हैं। वे एक उत्तर पश्चिमी माग का अनुसरण तब तक करते ह जब तक कि फ्लोरिडा का अक्षाश न आ जाए। यहा से उनमे से अधिकाश उत्तर की ओर को मुड जात है, और बाद मे उत्तर पूव की ओर को, और अटलाण्टिक तट का अनुसरण करत हुए जान पडत ह। **चित्र ५५७ ५६०**, अगस्त (२७-३०), १८६३ मे इन तूफाना म स एक का माग दिखाते है, और **चित्र ५६१** सन् १८७८ से १९०० तक क वर्षा के लिए अगस्त, सितम्बर और अक्टूबर के महीनो के लिए उष्णकटिबन्धीय चक्रवाता के औसत माग का दिखाता है। इस प्रकार के तूफाना को कभी-कभी प्रभजन (hurricanes) कहत ह।

सामान्यत उष्णकटिबन्धीय चक्रवात समशीतोष्ण अक्षाशो के चक्रवाता की अपेक्षा अधिक सुस्पष्ट होते है, अर्थात् प्रवणता (gradient) के उच्च होने के कारण पवन प्रबल होती है। उनमे स कुछ तट के समीपवर्ती भागो मे महान क्षति पहुँचात ह जिसमे जहाजा के आवागमन एव निचले तटीय स्थलो, दोनों ही को हानि पहुँचती ह। जिस तूफान न सितम्बर १९०० मे गालवस्टन (Galveston) का जिस भाँति से विनाश किया था वह **चित्र ५६२** मे दिखाया गया है, यह चित्र सितम्बर ८ से पहले तथा पश्चात, तूफान के दोनो मार्गो को भी दिखाता है। तूफान की शक्ति असामान्य थी और उसका माग असाधारण था जैसा कि **चित्र ५६२** के साथ **चित्र ५६१** की तुलना करने पर देखा जा सकता है। **चित्र ५६२** प्रकट करता है कि तूफान की प्रगति की दर अति भिन्न भिन्न थी। क्यूबा के उत्तर पश्चिम इसकी प्रगति उसके दक्षिण-पूव की प्रगति की अपेक्षा अति मन्द थी। फ्लोरिडा के ठीक दक्षिण म यह बारह घण्टा मे उस दूरी का केवल एक चौथाई ही तय कर पाया था जो इसने क्यूबा के दक्षिण-पूव म एक घण्ट म तय की थी।

उष्णकटिबन्धीय चक्रवात दक्षिणी अटलाण्टिक मे नही जाते हैं। उनके पैदा होन का अधिकाश स्थान भूमध्यरेखा से अनेक अश उत्तर मे होता है, १०° और २०° क बीच। प्रशान्त महासागर मे वे भूमध्यरेखा के दानो ओर उत्पन्न होत है। व गरम ऋतुओ के भाग मे पहले आते ह, और उनके विषय म यह विचार किया जाता है कि वे प्रबल सवाहन धाराओ द्वारा उत्पन्न होते है। उनके माग स्पष्ट रूप स

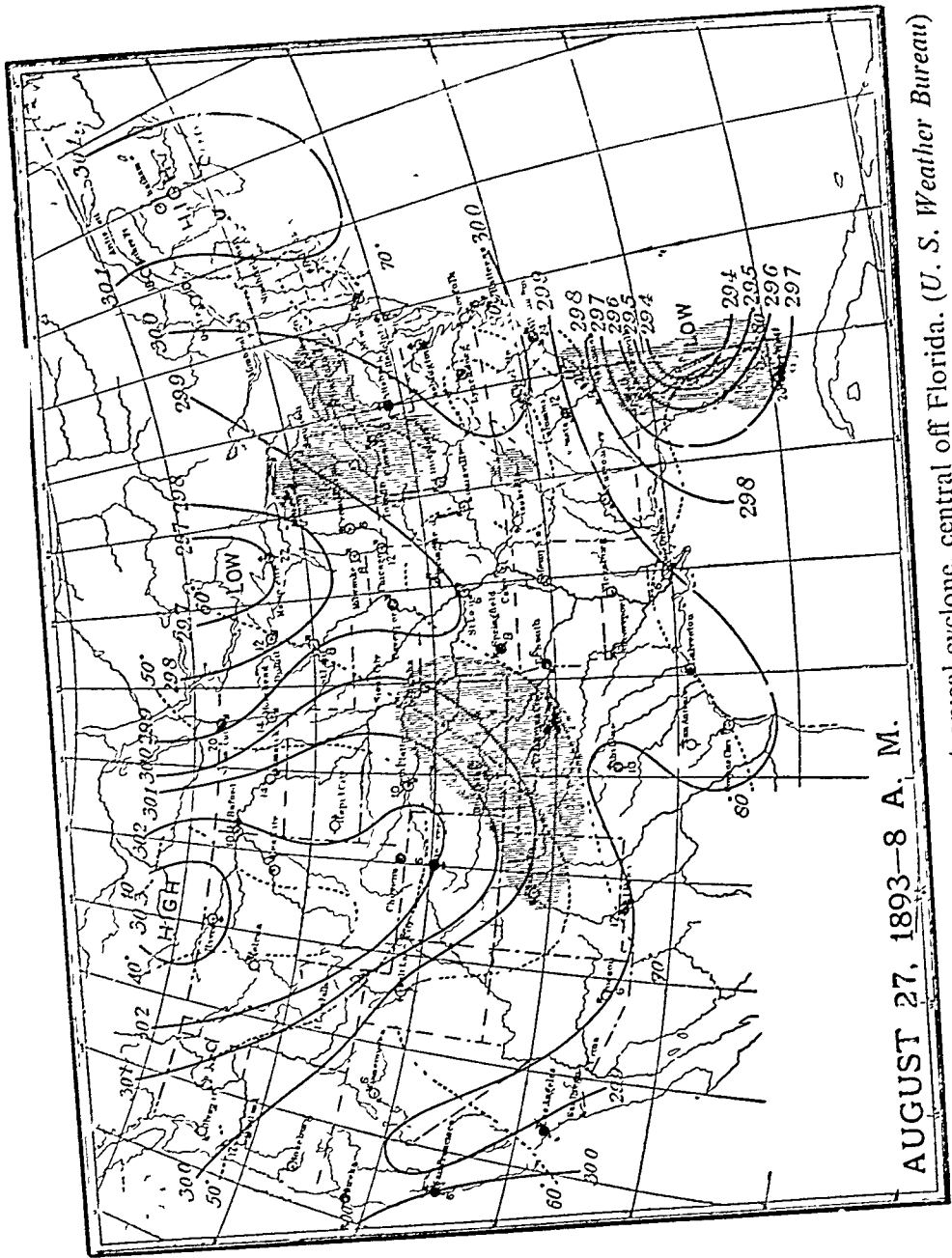



Fig. 557 Weather map showing a tropical cyclone, central off Florida. (*U. S. Weather Bureau*)

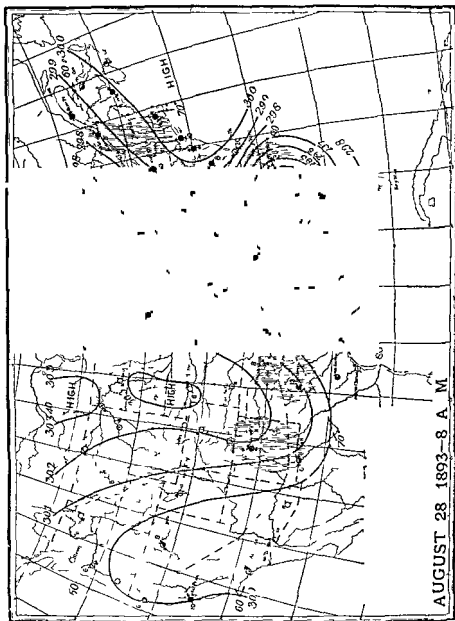



Fig 558 Weather map showing the progress of the storm shown in Fig 557

AUGUST 29, 1893—8 A. M.

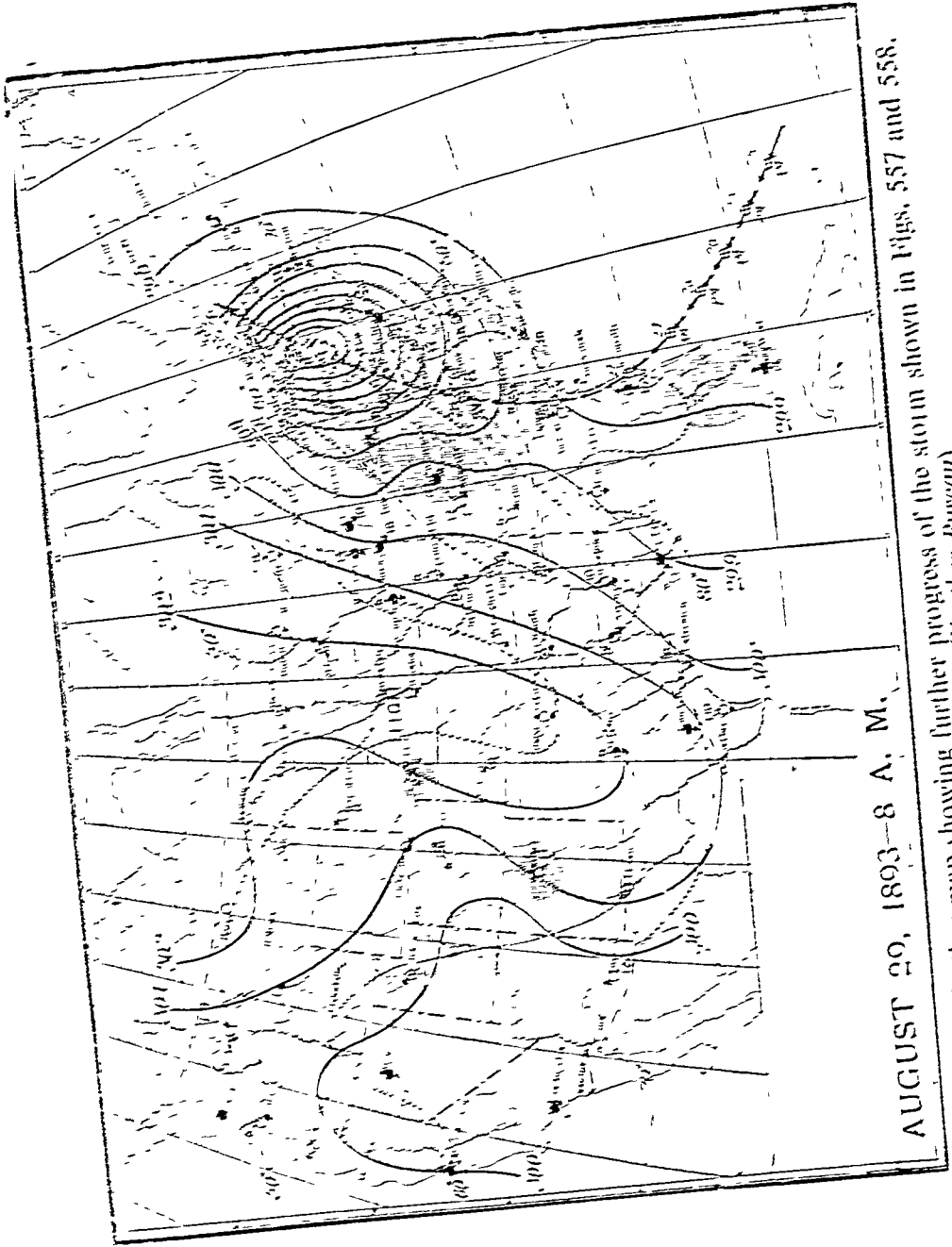



Fig. 559. Weather map showing further progress of the storm shown in Figs. 557 and 558. (*U. S. Weather Bureau*)

Fig 560 Weather map showing the last of the storm shown in the preceding figures (*U S Weather Bureau*)

अनियमित होते है जिनकी व्याख्या सम्भवत: प्रचलित पवनो के मार्गों द्वारा हो सकती है। चक्रवात का निचला भाग व्यापारिक पवनो की क्षितिज में होता है, किन्तु इस महान ववण्डर (great eddy—भँवर) का ऊपरी भाग सम्भवत· व्यापारिक पवन की क्षितिज से ऊपर होता है और ऊँची धाराओ के प्रभाव के भीतर रहता है। इन दो नियन्त्रणो के प्रभाव से यह ज्ञात होता है कि वे तूफान को कुछ पश्चिम-उत्तर की ओर को ले जाते है (उत्तरी गोलार्द्ध मे), यहाँ तक कि वह व्यापारिक पवनो के नियन्त्रण से पूरी तरह छूट जाता है; जिसके पश्चात वह मुख्य रूप से दक्षिण-पश्चिमी पवनो द्वारा प्रभावित होता है। व्यापारिक पवनो से मुक्त हो जाने के बाद तूफान

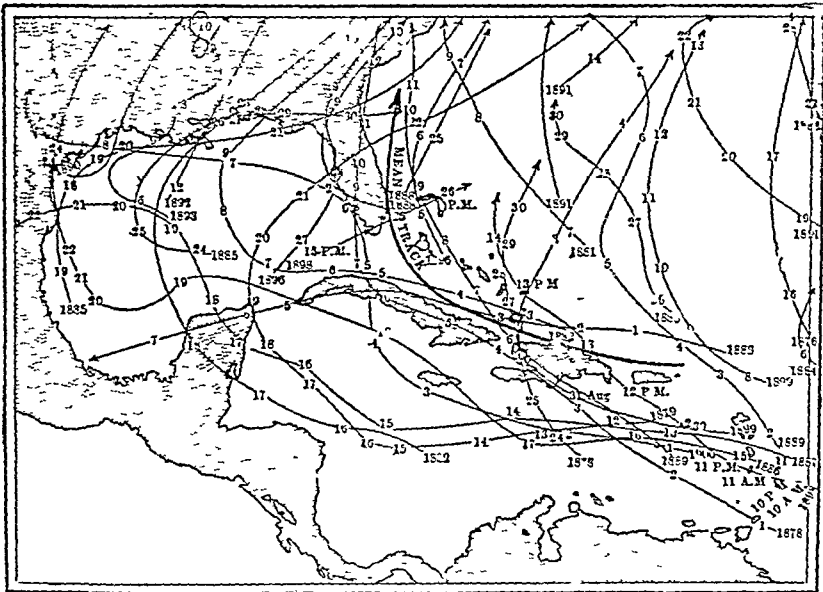



Fig. 561

Course of West Indian storms for August, September, and October, 1878-1900 The lighter lines show the tracks of individual storms, the heavy lines the mean course. (*U. S. Weather Bureau*)

का मार्ग, प्रचलित पवनों के मार्ग की अपेक्षा अधिक उत्तरी मार्ग पर चलते हुए, सम्भवत स्थल एव समुद्र के तापमान द्वारा और उससे उत्पन्न वायु की गतियो द्वारा प्रभावित होता है।

पश्चिमी द्वीपसमूह के प्रभजनो (hurricanes) के समान उत्तरी प्रशान्त महासागर के प्रचण्ड तूफान (typhoons) है, जो फिलीपाइन्स के निकट उत्पन्न होते है और चीन के तट को झकझोर डालते है। उनके मार्ग चित्र ५६३ मे दिखाये गये है। सोसाइटी द्वीप और पडोस के निम्न द्वीपसमूह (Low Archipelago) के निम्न मूँगे के द्वीप इस प्रकार के एक विनाशकारी तूफान द्वारा ७ और ८ फरवरी, १९०६ को नष्ट कर डाले गये थे। १८ सितम्वर, १९०६ का हौगकौग का प्रचण्ड

Fig 562

तूफ़ान (typhoon—ववण्डर) अनुमानतः ५,००० जानें और २०,००,००० डालर की सम्पत्ति को नष्ट कर गया था।

मौसम की भविष्यवाणियाँ (Weather predictions)—मौसम की भविष्यवाणियाँ मौसम के मानचित्रों द्वारा निदर्शित (illustrated) प्राकृतिक दृश्यों पर आधारित होती हैं; इसके लिए २५ सितम्बर, १९०३ के दिन का मानचित्र (चित्र ५४३) उदाहरण के रूप में लिया जा सकता है। चित्र में डाकोटा के ऊपर चक्रवात के मध्यवर्ती भाग के साथ वर्षा भी है। चूंकि यह तूफान पिछले चौबीस घण्टों तक

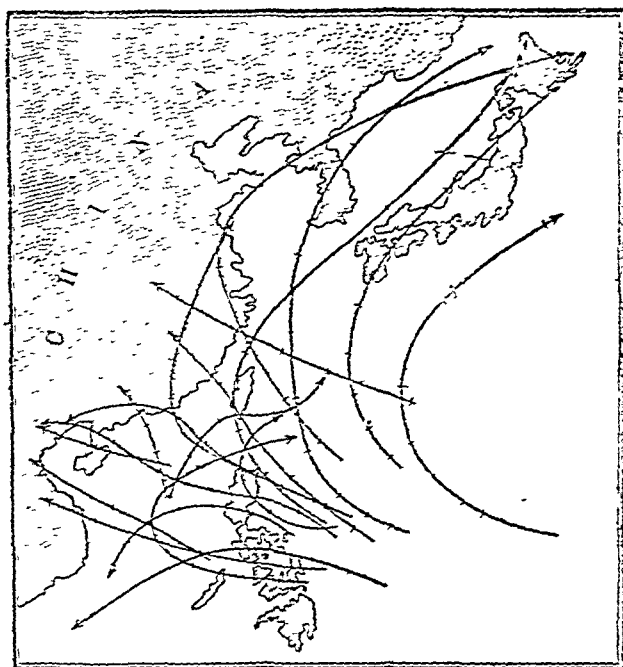



Fig. 563
Typhoon tracks. (*After Herbertson*)

कुछ आग्नेय दिशा की ओर प्रति घण्टा लगभग ४० मील (६४ किलोमीटर) की गति से आगे बढ़ता रहा है, अतः यह मान लेना उचित ही है कि वह अगले २४ घण्टों में भी इसी सामान्य दिशा में इसी प्रकार की गति से आगे को बढ़ेगा। यदि इस समय में यह सुपीरियर झील के प्रदेश में बढ़ता है, तो यह सम्भवतः अपने साथ वैसा ही मौसम वहाँ लायेगा जैसा कि यह उस प्रदेश को दे रहा है जहाँ यह अब है। अतः २५ तारीख को, जिस दिन की मौसम की दशाएँ चित्र ५४३ में दिखायी गयी के समान पायी गयी हैं, यह भविष्यवाणी की जा सकती है कि सुपीरियर झील के सिरे के आसपास के प्रदेश में लगभग २४ घण्टों में वर्षा की आशा की जाती है।

दिनांक २६ का मानचित्र (चित्र ५४४) प्रकट करता है कि तूफान का मार्ग थोड़ा बदल गया है, और तनिक ईशाण की दिशा (north of east) को है, जो

चक्रवातों का सामान्य मार्ग है, अर्थात् ब्रिटिश कोलम्बिया से थोड़ा आग्नेय दिशा की ओर नीचे उतरने के बाद, संयुक्त राज्य के मध्यवर्ती देशान्तरों में चक्रवातों के पूर्व अथवा थोड़ा सा ईशानी दिशा की ओर भी घूम जाने की सम्भावना रहती है (चित्र ५५२)। २६ तारीख को यह भविष्यवाणी की जा सकती है कि जिस चक्रवात का निम्न केन्द्र सुपीरियर झील के उत्तर में है (चित्र ५४४) वह केन्द्र दूसरे दिन तक सैण्टलारेंस की घाटी तक बढ़ जाएगा और उसके साथ वर्षा होगी। अतः ह्यूरन झील के आसपास के प्रदेश और उसके पूर्व के प्रदेश के लिए वर्षा की भविष्यवाणी की जा सकती है। २७ तारीख का मानचित्र (चित्र ५४५) प्रकट करता है कि अवक्षेपण (precipitation) का क्षेत्र पर्याप्त दक्षिण तक फैला हुआ है। इससे पहले वाले मानचित्र ने इस प्रदेश में कुछ बादल प्रकट किये थे किन्तु बदली के ऐसे किसी क्षेत्र की भविष्यवाणी के लिए कोई आश्वासन नहीं दिया गया था। बदली (cloudiness) के क्षेत्र के दक्षिणी भाग में तड़िज्झंझा (thunder-storm—बिजली-आँधी पानी) दिखाये गये हैं।

तापमान और अवक्षेपण के परिवर्तन के बारे में भी भविष्यवाणी की जा सकती है। चित्र ५४२ में ४०° की समताप रेखा ईओवा (Iowa) के ऊपर उच्च केन्द्रीय भाग में स्पष्ट रूप से दक्षिण की ओर मुड़ जाती है। जैसे-जैसे 'उच्च' पूर्व को बढ़ता जाता है वह सम्भवतः अपने साथ निम्न तापमान को ले जाएगा। अतः ऐसी भविष्यवाणी कर सकना सम्भव है कि तापमान उस क्षेत्र में नीचा हो जाएगा जिसमें प्रतिचक्रवात बढ़ते को है। इसके बाद के दिन का मानचित्र (चित्र ५४३) प्रकट करता है कि पश्चिमी वर्जीनिया का तापमान 'उच्च' के मार्ग के साथ ही साथ लगभग ६०° से लगभग ४०° तक गिर गया है, जबकि अत्यधिक उत्तर के क्षेत्र ओष्ण हैं।

वही मानचित्र (चित्र ५४३) प्रकट करता है कि उत्तरी डाकोटा और अलबर्टा का तापमान ५०° है अर्थात् पश्चिमी वर्जीनिया के तापमान की अपेक्षा १०° अधिक ओष्ण है। यह भी देखा जा सकता है कि डाकोटा, मोण्टाना और अलबर्टा का आपेक्षिक उच्च तापमान एक 'निम्न' के साथ है। जैसे जैसे निम्न पूर्व की ओर बढ़ता है यह विश्वास किया जाता है कि इसके मार्ग के साथ ही साथ तापमान भी कुछ अधिक ऊँचा हो जाएगा। इस तथ्य को आगे वाले मानचित्र द्वारा दिखाया गया है (चित्र ५४४) जो सुपीरियर झील के उत्तर में लगभग ४०° के तापमान को प्रकट करता है। वही मानचित्र यह भी दिखाता है कि ४०° की समताप रेखा किस प्रकार से उस 'उच्च' के सामने दक्षिण की ओर को मुड़ जाती है जो पश्चिमी मोण्टाना के ऊपर केन्द्रीय है। इस दिन विनीपेग का लगभग वही तापमान है जो कई सौ मील (किलोमीटर) दक्षिण में चेइनी (Cheyenne) का है। मोण्टाना का 'उच्च' जब पूर्व की ओर को बढ़ेगा, तब इस बात की सम्भावना रहेगी कि वह अपने साथ शीत तापमान को ले जाएगा। अतः इस मानचित्र से यह भविष्यवाणी की जा सकती है कि नेब्रास्का (Nebraska), कन्सास (Kansas)

ईओवा (Iowa) और मिसौरी (Missourie) में तापमान नीचे गिरेगा। दूसरा मानचित्र (चित्र ५४५) प्रकट करता है कि ओमाहा (Omaha) पर तापमान ५०° से ४०° पर पहुँच गया है, जबकि पूर्वी कंसास का ७०° से ४०° पर नीचे आ गया है।

किसी निश्चित स्थान पर किसी निश्चित तूफान द्वारा लाया गया जो अव-क्षेपण होगा उसका समय तूफान की प्रगति की दर से निकाला जाता है। इसी प्रकार किसी चक्रवात द्वारा लायी जाने वाली सम्भावित शीत-तरंग के पहुँचने का समय प्रगति (progress) की दर के आधार पर पहले से ही सूचित किया जाता है जो प्रतिचक्रवात में पायी जाती है। ये दरें पहले से ही तार की सूचनाओं द्वारा विदित हो जाती हैं। संयुक्त राज्य के पश्चिमी भाग की अपेक्षा उसके केन्द्रीय एवं पूर्वी भागों के लिए मौसम के सम्बन्ध की भविष्यवाणियाँ अधिक सरलता से की जा सकती है, क्योंकि केन्द्रीय एवं पूर्वी भागों तक पहुँचने से पहले तूफान अधिक समय तक निरीक्षण में रह चुके होते हैं।

पवन की शक्ति एवं दिशा के विषय में भी भविष्यवाणियाँ की जा सकती हैं। इनसे सम्बन्धित सिद्धान्त सरलता से समझे जा सकते हैं, और जिन आँकड़ों (data) पर भविष्यवाणियाँ आधारित होती है, वे भविष्यवाणी करने वालों द्वारा उसी प्रकार से प्राप्त किये जाते हैं जैसे कि तापमान एवं वर्षा से सम्बन्धित आँकड़े प्राप्त किये जाते हैं।

भविष्यवाणियों की असफलता अथवा असत्यता (Failure of predictions)—अनेक मौसम विषयक भविष्यवाणियाँ झूठी सिद्ध होती हैं। इसके अनेक कारण हैं जिनमें से कुछ निम्न हैं :

(१) कुछ चक्रवात और प्रतिचक्रवात उन मार्गों से पर्याप्त हट जाते है जिन पर उनके चलने की आशा होती है। जैसे, कोई तूफान सैण्टपौल की दिशा मे सीधा आता हुआ हो सकता है जहाँ पर उससे वर्षा एव बढ़ते हुए तापमान की आशा की जाती है; किन्तु अपने सामान्य मार्ग (normal course) पर जाने के स्थान पर वह उत्तर की ओर को मुड़ सकता है और जो वर्षा सैण्टपौल के लिए सूचित की गयी थी, वह और उत्तर की ओर को होती है।

(२) कुछ तूफान अपने आगे बढ़ने की दर को बदल देते है जिसके कारण वे पूर्व सूचना की अपेक्षा पहले या बाद मे पहुँचते हैं। जैसे, यदि कोई तूफान जो एक दिन मे ६०० मील (९६० किलोमीटर) की गति से आगे बढ़ता रहा है, अचानक ही रुक जाता है अथवा केवल कुछ आगे बढ़ता है, तो वह उन क्षेत्रों मे जिन तक बढ़ने की इससे आशा की जाती थी, पूर्व सूचना के अनुसार परिवर्तन उपस्थित नही कर पाता है।

(३) भविष्यवाणियों की असत्यता का तीसरा कारण इस घटना मे पाया जाता है कि तूफान बिना चेतावनी के प्रकट एव विलुप्त होते रहते हैं। केन्द्रीय ओक्लेहामा (Oklahama) के ऊपर चित्र ५४४ एक उस 'निम्न' को प्रकट करता है जिसकी २५ तारीख को कोई सूचना नहीं थी; चित्र ५४५ प्रकट करता है कि यह

'निम्न' विलुप्त हो गया है। अत्यधिक स्पष्ट तूफान भी जो मौसम के महान परिवतन की सूचना देते है, अदृश्य हो जाया करते है। इन परिस्थितिया मे मौसम पूव सूचना के अनुसार नही होता, और मौसम की असत्यता का दोष भविष्यवाणी कर्ता पर मढा जाता है।

(४) कभी कभी भविष्यवाणियाँ अपर्याप्त आकडो पर आधारित होती हैं। यह ध्यान देने की बात है कि कुछ मौसम के मानचित्रो पर विभिन्न वृत्ता के भीतर *M* लिखा रहता है। इसका अथ यह है कि उन स्टशनो से जहा *M* लिखा है, सूचना नही आयी है। अनेक सूचनाओ के अभाव म मानचित्र उतना ही अधिक अपूण रह जाता है, किन्तु भविष्यवाणी कर्ता को उपलब्ध सूचनाओ के आधार पर ही मानचित्र अनिवाय रूप मे निकालना पडता है, वह सूचनाओ के लिए रुका नही रहता है।

(५) तूफानो की विशेषताओ मे भी परिवतन हो सकता है। जैसे, २० जनवरी, १८६५ के मानचित्र (**चित्र ५६४**) से यह पहले से ही नही जाना जा सका कि कोलरेडो मे चक्रवातीय केन्द्र उन उल्लेखनीय विशेषताओ को विकसित कर लेगा जो दूसर दिन के मानचित्र (**चित्र ५६५**) पर दिखाई पडती है।

(६) किसी किसी परिस्थिति म तूफान अनेक प्रकार की असाधारण परिस्थितियो को जन्म देते है। शिकागो की दशा इसका एक उदाहरण है। यहा पर प्राय झील के प्रभाव के कारण तूफानो का व्यवहार अनिश्चित सा रहता है। इस अनिश्चितता के कारण तापमान एव वायु की धाराओ म असाधारण परिवतन उत्पन्न होते रहते है। इसका कारण यह है कि शिकागो के समीप की मिशीगन झील का विस्तार उत्तर स दक्षिण को है, इस झील के अतिरिक्त अन्य कोई ऐसी झील नही है जिसका इतना विशाल विस्तार उत्तर से दक्षिण को हो। यही कारण है कि अन्य किसी झील को प्रचलित पवनो का इतनी चौडाई मे सामना नही करना पडता है जितना कि मिशीगन को।

भविष्यवाणी-कर्ता भी अन्य मनुष्यो की भाति त्रुटिया कर सकते है, किन्तु जब उन्हे इतने अधिक अनिश्चित तत्त्वो के साथ काय करना पडता है तो यह आश्चय नही कि व भी कभी कभी गलतिया कर बैठें, साथ ही यह कैसी विचित्र बात है कि अनेक सही मौसम सम्बन्धी भविष्यवाणियो (prognostications) की अपक्षा एक गलत अनुमान अधिक समय तक स्मरण किया जाता है।

तूफान, तुषार, बाढ आदि से सम्बन्धित भविष्यवाणियो द्वारा सम्पत्ति का बचाव (Property saved by predictions of storms, frosts, floods, etc)—अभी अभी मौसम की अनेक असत्यताओ और अनिश्चितताओं को स्पष्ट किया गया है। उन अनेक त्रुटिया के होते हुए भी, मौसम विभाग (Weather Bureau) द्वारा तूफानो बाढो, शीत-लहरो आदि के सम्बन्ध म भेजी गयी सूचनाओ ने मानव के विभिन्न हितो को महान लाभ पहुँचाया है। मौसम विभाग की इस सेवा के मूल्य का सदैव उचित मूल्याकन नही किया जाता है, चेतावनिया के अभाव मे जो हानियाँ हुई होती उनकी सूचनाओ की अपक्षा इस सेवा के विषय म बहुत कम सुनने मे आता है। दुर्भाग्यवश,

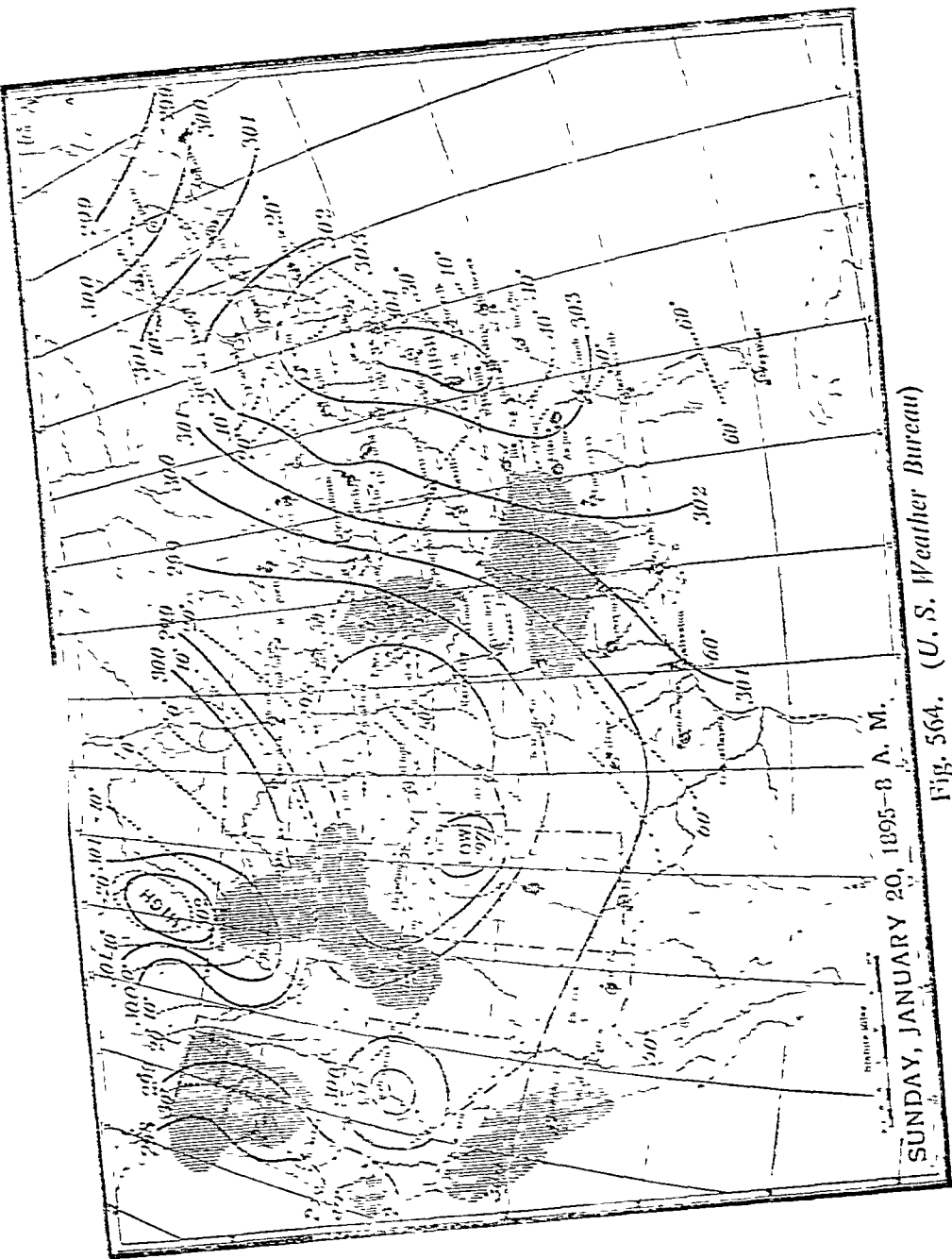



Fig. 564. (U. S. Weather Bureau)

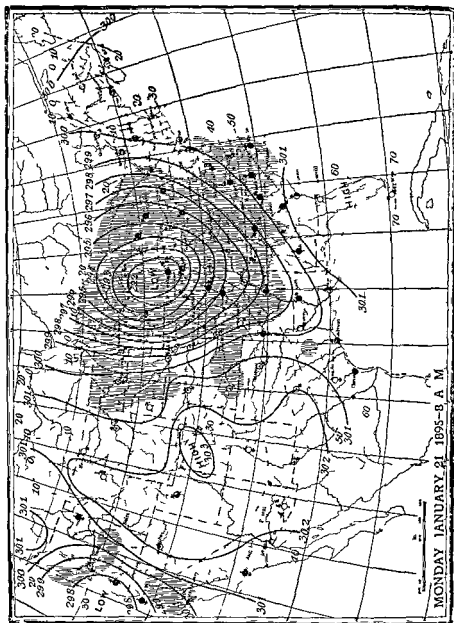



Fig 565 This map shows the storm of the preceding day greatly changed in character (U S Weather Bureau)

मौसम विभाग जिस खतरे की चेतावनी देता है, उसके विरोध मे सुरक्षा की योजना बना लेना सदैव सम्भव नही है।

यह अनुमान किया गया था कि १८६७ मे आने वाली बाढो की चेतावनियो द्वारा १,५०,००,००० डालरो की सम्पत्ति की रक्षा हुई थी। यह एक विशेष अवसर था जब चेतावनी से इतना अधिक लाभ प्राप्त किया गया, अर्थात् यह सम्भव नही है कि प्रत्येक चेतावनी से पूर्ण लाभ उठा ही लिया जाए; फिर भी प्रत्येक वर्ष इस प्रकार से पर्याप्त धन की रक्षा कर ही ली जाती है। १६०३-०४ मे बचत का अनुमानित मूल्य १०,००,००० डालर था।

तूफान की अग्रिम सूचनाओ द्वारा नौकाचालन के हितों की रक्षा होती है। उदाहरण के लिए, सितम्बर १६०३ में ५,८५,००० डालर के मूल्य की सम्पत्ति से भरे जहाज, तूफान की चेतावनियो के मिल जाने के कारण, फ्लोरिडा के तट के बन्दरगाहों मे अस्थायी रूप से रोक लिये गये थे।

तूफान, शीत की लहरें एव विशेष तुपार की अग्रिम सूचनाओ द्वारा कृषि के हितों की रक्षा होती है। १६०१ मे चेतावनियो के आधार पर जैक्सनविले, फ्ला० (Jacksonville, Fla.) के आसपास १०,००,००० डालर के मूल्य के फलों की रक्षा का प्रयास किया गया था, और इस मात्रा के आधे भाग की बचत का अनुमान था। १६०१ में शीत की अन्य अग्रिम सूचनाओ के विषय मे अनुमान किया गया है कि वे ३४,००,००० डालर की सम्पत्ति की रक्षा का साधन बनी थी। फल एव शाक की वह कृषि (fruit and truck-farming), जिसे ट्रकों द्वारा बाहर भेजा जाता है, कृषि कार्य के ऐसे अग है जो इस प्रकार से अधिकतम प्रभावशाली ढग से सुरक्षा पाते हैं।

तड़िज्झंझा (Thunder-storms—बिजली की चमक एवं तड़कन के साथ आँधी-पानी का तूफान)—संयुक्त राज्य मे ऐसे तूफान बार-बार आते रहते है। वे निम्न अक्षांशो मे, अथवा मध्य अक्षाशो की ग्रीष्म ऋतु में अधिकतम सामान्य है, और वे उन दिनो मे अधिक आते है जो असाधारण रूप से गरम होते है, और इन दिनों के भी उस भाग मे (दोपहर बाद) अधिक आते है जो सबसे अधिक गरम होता है। साथ ही साथ, वे ग्रीष्मकाल अथवा दिन के गरम भाग तक ही सीमित नही होते है, क्योकि मध्य अक्षांशो मे, और उच्च अक्षाशो मे भी, जाडे की ऋतु में भी कभी-कभी ऐसे तूफान होते रहते है, यहाँ तक कि कभी-कभी तो रात तक मे ऐसे तूफान आया करते है।

किसी तडिज्झझा का प्रथम आभास साधारणतया एक विशाल कपासी मेघ (चित्र ५६६) से होता है। ऐसे बादल पछुवा पवनो के प्रदेश मे, सामान्यत: पश्चिम मे दिखाई देते है। कपासी मेघ (अथवा तड़ित-शीर्ष—thunder-head) वर्षा किया करते हैं। ऐसे मेघ आर्द्र वायु की ऊपर को उठती हुई धारा द्वारा उत्पन्न होते हुए प्रतीत होते है। ऐसा बादल पूर्व की ओर बढता है, और देखने वाले व्यक्ति के समीप आते हुए यह ऊपर को उठता हुआ जान पडता है, किन्तु यह उठाव केवल दिखावटी ही होता है। जब बादल देखने वाले के समीप पहुँचता है तो साधारणतया

इसके सामने एक तीव्र समीर अथवा 'तडित-प्रचण्ड-वात' (thunder squall) दौडता हुआ आगे बढता है। प्रचण्ड वात के शीघ्र पश्चात ही वर्षा होने लगती है। वर्षा प्राय भारी होती है और बूदें बडी-बडी होती है, किन्तु वर्षा सामान्यत एक घण्टे मे अधिक नही रुकती है, और अनेक परिस्थितियो मे बहुत कम समय तक भी होती है। परन्तु कभी कभी एक दूसरा तडिज्झझा तुरन्त ही पहले झझा के बाद आता है (चित्र ५६७) और इस प्रकार वह वर्षा की अवधि को बढा देता है। जब कोई तडिज्झझा पूव

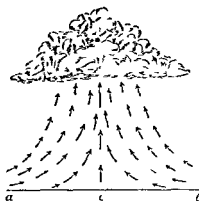



Fig 566
Ascending currents and cumulus clouds preparatory to thunderstorm (*After Ferrel*)

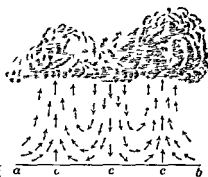



Fig 567
Air currents in thunder storm (*After Ferrel*)

की ओर को बढ जाता है तब उसके बाद वायु साधारणतया अधिक शीतल और ताजी रहती है और वायुदाबमापी उच्चतर रहता है।

किसी तडित-मेघ (thunder cloud) मे जल की प्रत्यक बूद बिजली से भारयुक्त होती है, और उनके आकार की वृद्धि के साथ भार बढता जाता है। बिजली का प्रकाश किसी मेघ के एक भाग से दूसरे भाग, अथवा एक मेघ मे दूसरे मेघ, अथवा मेघ से पृथ्वी मे बिजली के चले जाने के कारण उत्पन्न होता है।

बिजली की हर चमक के बाद गर्जन होता है, यह गर्जन वायु के उन प्रकम्पनो (vibrations), के कारण होता है, जो बिजली के उन्मोचन (discharge) द्वारा उत्पन्न विक्षोभो के परिणामस्वरूप होते है। गर्जन की तुलना उस कोलाहल (noise) से की गयी है जो वायु म किसी अन्य प्रचण्ड विक्षोभ (disturbance) के कारण होता है, जैसे किसी राकेट (rocket—प्रोल्का) के विस्फोट (explosion) अथवा किसी कोडे की फटकार म होता है। बिजली की किसी लम्बी चमक के बाद लोटन गर्जन (rolling thunder) आ सकता है अथवा यह एक के बाद एक आने वाली उन चमको के कारण हो सकता है जो एक-दूसरे मे केवल तनिक ही अलग होती हैं, अथवा कुछ दशाओं म पहाडियो एव पवनो से गर्जन की प्रतिध्वनि (echo) के कारण होता है।

मध्य अक्षांशों मे अधिकाश तड़िज्झंझा चक्रवातो के आने के समय पर होते है, किन्तु सभी चक्रवातो के समय ऐसे तूफान नही रहा करते है। अन्य स्थानो की अपेक्षा वे चक्रवातो के दक्षिणी पार्श्वों पर अधिक सामान्य (common) हुआ करते

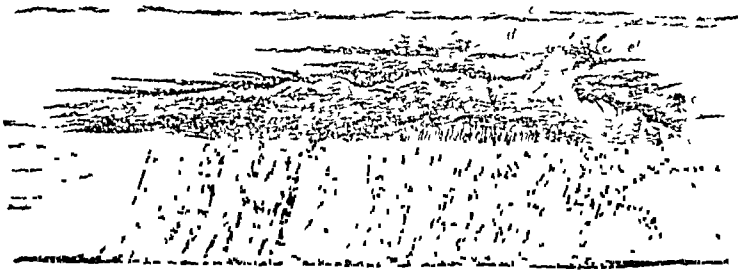



Fig. 568

Vertical section of a thunder-storm which is moving toward the right. (*After Koppen*)

है, और उनमे से अनेक तूफान के केन्द्र से पर्याप्त दूरी पर रहा करते है। मध्य अक्षांशो मे तडिज्झझा, चक्रवातो की भाँति, सामान्यत: पश्चिम से पूर्व की ओर बढ़ते है, जबकि व्यापारिक पवनो के प्रदेश मे वे पूर्व से पश्चिम को बढा करते है। दोनो ही दशाओ मे वे प्रचलित पवनो के साथ आगे बढते है।

अधिकाश तडिज्झंझाओ की आगे बढने की गति प्रति घण्टा २० से ५० मील (३२ से ८० किलोमीटर) तक होती है। आगे बढते समय उनमे से अनेक फैल जाते हे, और अशक्त हो जाते है (चित्र ५७०), और उनमे से कुछ ही नष्ट होने से पहले लम्बी दूरी तक जाते है। किसी तड़िज्झझा की अवधि सामान्यत. उस चक्रवात की अवधि की अपेक्षा बहुत छोटी होती है जिसके साथ यह रहता है।

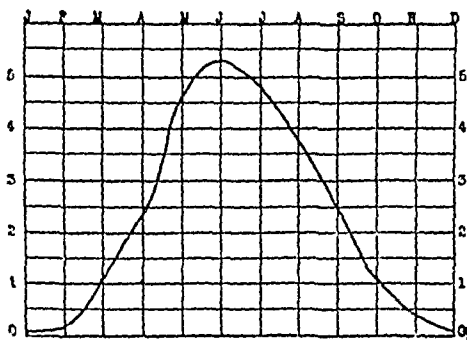



Fig. 569

Graph showing the relative frequency of thunder-storms in Chicago in different months.
(*Cox, U. S. Weather Bureau*)

कभी-कभी ऐसा होता है कि किसी बडी दूरी पर बिजली एक ऐसे प्रदेश के ऊपर बादलो को प्रकाशित कर देती है जहाँ कि बिजली स्वय नही देखी जा सकती है। जहाँ पर मेघ किसी निश्चित स्थान पर से देखने पर उस बिजली द्वारा इस प्रकार से प्रकाशित होते हैं जो स्वय दिखाई नही देती है वहा पर मेघो की बिजली को 'ऊष्मा बिजली' (heat lightning) कहते हैं जो बिजली का केवल एक प्रतिबिम्ब (reflection) है। अन्य समयो की अपेक्षा वह

उष्ण मौसम मे अधिक सामान्य (common) होती है, क्योंकि बिजली ऐसे अवसरों पर अधिक सामान्य हुआ करती है।

तडिज्झझाओ के साथ कभी-कभी इन्द्रधनुष भी रहा करते है। वे सदैव सूर्य के दूसरी ओर दिखाई पडते है, और इस कारण प्रातःकाल पश्चिम मे और दोपहर बाद अथवा शाम को पूर्व मे दिखाई देते है। अधिक सामान्यतः वे किसी तडिज्झझा के निकल जाने के ठीक बाद मे ही दिखाई देते है, उस समय थोडी वर्षा भी होती रहती है, किन्तु साथ ही साथ सूर्य भी दिखाई देता रहता है। वे गिरती हुई वर्षा के मध्य मे से देखने पर दिखाई देते है। सूर्य की किरणो पर वायुमण्डल मे उपस्थित जल की बूदो के प्रभाव के कारण इन्द्रधनुष बना करता है। जल के छीटा (water spray) के मध्य से भी इन्द्रधनुष उसी तरह दिखाई देता है जैसे किसी विशाल झरने के ऊपर जबकि वर्षा नही भी हो रही होती है।

Fig 570
Shape of thunder storm in ground plan, illustrating growth and change as it progresses (*After Waldo*)

वायु के आवर्त (Whirl winds—**वायु के भँवर**)—गर्मी के दिनो मे वायु के ऊपर उठते हुए चक्र प्रायः स्पष्ट दिखाई देते है। वे उन प्रदेशो मे और भी अधिक अच्छी तरह से देखे जा सकते है जो धूलमय होते है, क्योंकि वहा पर धूल ऊपर को उठ जाती है जिससे वे चक्र भलीभाँति स्पष्ट रूप से दिखाई देने लगते है। धूलपूर्ण सडको, जुते हुए खेतो आदि स्थानो मे वे प्रायः दिखाई देते है, किन्तु रेगिस्तानो मे तो वे अपने उत्तम से उत्तम रूप मे देखे जा सकते है। कैलीफोर्निया के मोजाव (Mojave) नामक मरुस्थल मे किसी निश्चित स्थान से, इन चक्रो के आठ अथवा दस चक्र तक भी एक ही समय मे एक ही स्थान से उठते हुए देखे जा सकते है, उनमे से कुछ वास्तव मे पर्याप्त स्पष्ट एव प्रभावशाली होते है। सम्भवतः ये पवन चक्र किसी स्थान पर वायु के अत्यधिक गरम हो जाने के कारण उठते है, और यह अधिक गर्मी तीव्र सवाहन धाराओ (convection currents) को उत्पन्न करती है। चक्र कुछ समय तक प्रचलित पवन के साथ आगे को बढता है, किन्तु शीघ्र ही उससे अलग हो जाता है।

आर्द्र प्रदेशो मे ये पवन चक्र साधारणतया किसी अधिक ऊँचाई तक नही पहुँच पाते हैं, किन्तु मरुस्थली प्रदेशो मे उनमे से अनेक १,००० फुट (३०० मीटर) अथवा अधिक ऊँचाइयो तक पहुँचते है, जैसा कि धूल के चक्कर काटते हुए स्तम्भो (columns) द्वारा प्रकट होता है। इनका उठाव कभी कभी तो इतना ऊँचा होता है कि वायु फैल जाती है और इतनी शीतल हो जाती है कि मरुस्थली वायु मे स्थित नमी की छोटी मात्रा भी सघनित हो जाती है। उस समय तीव्र बौछारे (showers) भी पड सकती है। ऐसी बौछारो के रुकने की अवधि पर्याप्त छोटी होने की सम्भावना रहती है, किन्तु कभी-कभी भारी वर्षा भी हो जाती है। यदि यह वर्षा अपवाद रूप

मे भारी होती है तो वह वृष्टि-स्फोट (cloud bursts) कहलाती है। १८९८ की ग्रीष्म ऋतु मे एक ऐसे ही तूफान में कैलीफोर्निया के मोजाव (Mojave) नामक रेगिस्तान मे वागदाद (Bagdad) के निकट कुछ ही मिनटों मे पर्याप्त वर्षा हुई थी जिससे कई मील तक रेल की पटरी के समीप की मिट्टी गम्भीर रूप से वह गयी थी। ६ जून, १९०३ को क्लिफ्टन, एस० सी० (Clifton, S. C.) मे एक वृष्टि-स्फोट के कारण पचास से अधिक जीवों की हानि हुई, और लगभग ३५,००,००० डालर की सम्पत्ति का नाश हुआ था।

ववण्डर (Tornadoes)—जव कोई सवाहन धारा अति प्रवल होती है किन्तु उसका व्यास अत्यन्त छोटा होता हे, तो आवर्त (whirl—भँवर) इतना प्रचण्ड हो जाता है कि उससे महान विध्वस हो जाता है। इस प्रकार का चक्करदार तूफान (whirling storm) ववण्डर (tornado) कहलाता है। तडिज्झझाओ (thunder-storms) एव वातावर्तो (whirl-winds) के समान ही ववण्डर (tornado) भी उष्ण मौसम के दृश्य होते है। सयुक्त राज्य में ओष्ण (warm) ऋतु के आरम्भिक भाग मे वे सर्वाधिक सामान्य होते है। वे आरम्भ मे दक्षिण मे और वाद मे उत्तर मे दिखाई देते है।

ववण्डर को एक सकेन्द्रित चक्रवात (concentrated cyclone) अथवा एक प्रचण्ड वातावर्त (whirl-wind) समझा जा सकता हे। सामान्यतः ववण्डर के केन्द्र मे जो दवाव होता है वह चक्रवात के केन्द्र की अपेक्षा पर्याप्त नीचा होता है। किसी शक्तिशाली ववण्डर के केन्द्र का दवाव उसके पास-पड़ोस की अपेक्षा एक चौथाई कम हो सकता है। किसी ववण्डर के विनाशकारी कार्य की एक अवस्था यह है कि इसकी यात्रा मे दवाव सामान्य (normal) मात्रा से कम हो सकता है, अर्थात् १४ ७ पौण्ड प्रति वर्ग इच, अथवा २,११७ पौण्ड प्रति वर्ग फुट के स्थान पर इसका तीन-चौथाई अर्थात् ११ पौण्ड प्रति वर्ग इच अथवा १,५८४ पौण्ड प्रति वर्ग फुट हो सकता है। यदि ऐसा कोई ववण्डर किसी वन्द मकान के ऊपर से होकर गुजरता हे जिसमे वायु का दवाव सामान्य (normal) होता है (२,११७ पौण्ड प्रति वर्ग फुट), तो वाहर का दवाव १,५८४ पौण्ड हो जाता है। अतएव भवन की दीवारें प्रति वर्ग फुट ५३३ पौण्ड की शक्ति के साथ वाहर को धकेली जाती है, और जव तक कि वे अति दृढ न हों, वे वाहर की ओर को ढह जाएँगी और ऐसा लगेगा मानो भवन का विस्फोट हुआ है। यह हो सकता है कि भवन का कोई दुर्वलतम (weakest) भाग, जैसे कोई खिड़की, गिर जाए।

केन्द्र पर केवल दाव ही कम नही होता है, वरन् निम्न दाव का क्षेत्रफल भी वहुत छोटा होता है। जव कोई चक्रवात आरपार १,००० मील (३०० मीटर) अथवा अधिक हो सकता है, तव कोई ववण्डर एक मील के आठवे भाग से अधिक आरपार नही हो सकता है अथवा इससे भी कम हो सकता है। परिणाम यह होना है कि किसी ववण्डर मे दाव की प्रवणता (gradient) किसी चक्रवात के दाव की प्रवणता की अपेक्षा अत्यधिक ऊँची होती है और पवने प्रचण्ड होती है। उनके वेग,

जिनका अनुमान स्थानान्तरित पदार्थों के आकार एव भार द्वारा किया जाता है, विरली अवस्थाओं मे, प्रति घण्टा ४०० या ५०० मील (६४० या ८०० किलोमीटर) तक पहुँचे हुए माने गये हैं। इस वेग के कारण अथवा इससे बहुत कम वेग के साथ भी महाविनाश होता है। वृक्ष उखड जाते है, भवनों की छतें उड जाती हैं अथवा व ढह जाते है, और पुल अपने आधारों से फेक दिये जाते हैं।

एक कीप (funnel) के आकार का मेघ किसी ववण्डर के आने की सूचना देता है (चित्र ५७१) जिसका बिंदु पृथ्वी मे बहुत ऊपर हो सकता है। जब कीप आगे को बढता है तो इसका निचला सिरा उठ अथवा गिर सकता है। जब कीप इस प्रकार नीचे आता है कि वह पृथ्वी के निकट आ जाए अथवा उसको छूने लगे, तो ववण्डर विशेष रूप से विनाशकारी हो उठता है। बादल की उत्पत्ति प्रधानत प्रबल संवाहन धारा मे स्थित नमी के सघनन के कारण होती है, और कीप का आकार उठती हुई वायु के फैलाव एव प्रसार के कारण होता है।

Fig 571
Funnel shaped cloud of a tornado Solomon, Kan (*U S Weather Bureau*)

समस्त तूफानों मे ववण्डर अधिकतम विनाशकारी होता है, किन्तु इसका भाग संकुचित रहता है, और साधारणतया बहुत बड़ी दूरी तक विनाश नही करता है। सामान्यत यह एक छोटी सी यात्रा के बाद ही समाप्त हो जाता है, अथवा इतना ऊँचा उठ जाता है कि वह विनाश नही कर पाता है।

२७ मई, १८९६ का सैण्ट लुइस मे एक ऐसा विध्वंसकारी (destructive) ववण्डर आया था जो अधिक प्रचण्ड (violent) नही था। सैण्ट लुइस (St Louis) के उत्तर-पश्चिम मे कुछ दूरी पर एक केन्द्रीय चक्रवाती क्षेत्र के दक्षिण-पूर्वी भाग मे यह तडिज्झंझा की एक घटना थी।

सैण्ट लुइस की आद्रता विशेष रूप मे ऊँची थी, लगभग ९४। दोपहर को सैण्ट लुइस का वायुदाब २९ ८७, तापमान ८०° फा० और वायु का वेग १२ मील (लगभग २० किलोमीटर) प्रति घण्टा था। १ ४५ बजे तक तापमान ८६° तक पहुँच गया था। दो बजे वायुदाबमापी शीघ्रता से नीचे गिरने लगा और ६ बजे शाम तक दाब २९ ५९ तक गिर गया था। उसी बीच मे पवन स्थानान्तरित (shifting) हो उठी, और ६ बजे से कुछ ही पहले प्रति घण्टा ४५ मील (७२ किलोमीटर) का वेग प्राप्त कर चुका थी, और ६ बजे तक तापमान ७७° तक गिर गया था।

दोपहर के आरम्भिक भाग में कपासी मेघ (cumulus clouds) पर्याप्त मात्रा मे थे, किन्तु ४·३० बजे तक वे स्तरी मेघ (stratus clouds) के रूप मे स्थिर हो गये थे। ५ बजे के पश्चात शीघ्र ही बिजली की चमक और गडगड़ाहट होने लगी और ५·४३ पर वर्षा आरम्भ हो गयी।

६·०४ पर पवन की प्रचण्डता में एक स्पष्ट वृद्धि हुई और पवन की दिशा शीघ्रता से बदल गयी। वायु का दबाव २९·६७ तक ऊपर बढ गया, किन्तु प्राय: तुरन्त ही २९·५७ तक नीचे गिर गया; फिर पाँच मिनट से कम समय मे ही २९·६७ तक ऊँचा उठ गया, फिर १५ मिनट के भीतर ही ·३१ इंच गिर कर २९·३६ तक आ गया, और फिर प्राय: तुरन्त ही २९·७६ तक ऊपर बढ़ गया। वायुदाब के ये तीव्र उतार-चढाव १० बजे रात तक होते रहे। वायु ने सम्भवत: दिशा एव वेग मे अनेक तीव्र परिवर्तनों के साथ ६·१८ बजे प्रति घण्टा १२० मील (१९२ किलोमीटर) का अधिकतम वेग ग्रहण कर लिया। तूफान के साथ की वर्षा अत्यधिक भारी थी, और २½ इंच से अधिक हुई। विद्युत भी तेजी के साथ चमकी।

संध्या के लगभग ६·१० बजे विनाश आरम्भ हुआ और कई मिनट तक चलता रहा। तूफान के आगे बढ़ने की गति लगभग ३६ मील (लगभग ५८ किलोमीटर) प्रति घण्टा थी। तूफान जहाँ शहर के भीतर घुसा था, वहाँ विनाश की पेटी की चौडाई लगभग २ मीटर (१½ मील) थी, किन्तु आगे बढ़ने पर यह लगभग १½ किलोमीटर (एक मील) से कम तक सीमित हो गया था।

इस तूफान की एक असामान्य विशेषता की घटना यह थी कि इसका आधार तल से लगभग ९ मीटर (३० फुट) ऊपर था। इस स्तर पर वृक्ष मुड़ गये थे, और भवनो का अधिकाश विनाश प्रथम मजिल से ऊपर ही हुआ था। तूफान के पश्चात महान ऊष्मा के सबूत दिखाई दिये थे, जैसा कि जली हुई शाखो और टहनियो से प्रकट था। यह एक ऐसा प्राकृतिक दृश्य था जो कुछ अन्य बवण्डरो मे भी देखा गया है।

अन्य बवण्डरो की ही भाँति, पवन ने भी अनेक विचित्र खेल दिखाये थे। दीवारो मे जहाँ कही इकहरे पत्थर और ईंट थी, वे पवन द्वारा निकाल ली गयी और दीवारे खड़ी रह गयी। एक दशा मे तो ऐसा हुआ कि एक लदी हुई गाडी मे जुते हुए घोड़ो की जोडी उड गयी किन्तु गाडी उलटी नही हुई। पूर्वी सैण्ट लुइस मे इस तूफान की प्रचण्डता का सबसे अधिक असाधारण उदाहरण का लेखा किया गया था। वहाँ पर एक पुल के प्रवेश मार्ग पर २"×८" का एक तख्ता "एक फौलाद (steel—इस्पात) के एक गर्डर मे इस वेग के साथ घुस गया था कि इसने जाली (webbing) मे एक छेद कर दिया और गर्डर मे चिपका रह गया।" सैण्ट लुइस मे और उसके आसपास सम्पत्ति के विनाश का अनुमान लगभग १,३०,००,००० डालर तक लगाया गया था।

इस तूफान की व्याख्या मे कहा गया था कि "सामान्य तूफान के मार्ग मे विभिन्न स्थानो पर एक के बाद दूसरे स्थान पर तूफानी क्रिया आरम्भ हो गयी थी।"

सामान्य तूफान एक तडिज्झया था जो तडिज्झचाओ क वग मे आता है "जो दक्षिण पूर्वी दिशा मे चौड माग पर आग को बढते हैं।"

२७ माच, १८९० की सध्या को नौ बजे से ठीक पहले लुइसविले (Louis ville) म एक अति प्रचण्ड ववण्डर आया था। इसकी आगे बढने की गति प्रति घण्टा लगभग ६४ किलोमीटर (४० मील) थी, किन्तु इसका व्यास इतना छोटा, लगभग २७० मीटर (९०० फुट), था कि किसी स्थान को पार करने मे तूफान को एक मिनट का केवल तीन चौथाई भाग ही प्राय लगता था। इसके साथ 'एक अति भयानक बिजली' चमकी थी। अनेक कमजोर मकान टूट-फूट गये और दीवारें तूफान क केन्द्र की ओर गिर पडी थी। ७६ व्यक्ति मर गये, और अकेले लुइसविले म ही लगभग २०० व्यक्ति घायल हुए थे, और सम्पत्ति की हानि का अनुमान लगभग २५,००,००० डालर था।

तूफान के माग का पता १२० किलोमीटर (७५ मील) तक लगा था, और इस समस्त दूरी मे इसकी चौडाई लगभग समान थी। उसी रात म कैण्टकी (Kentucky) म कम से कम ५ ववण्डर आये थे।

जल-ववण्डर (Water spouts)—वास्तव म सागर की छाती पर चलने वाले ववण्डरो को जल ववण्डर कहते है। जब ऊपर को चलने वाली ठढी मढी गति का आधार इतना नीचे पहुँच जाता है कि वह जल के तल को छूने लग जाता है तो ऊपर को उठती हुई वायु-धारा द्वारा सागर का जल कुछ छोटे विस्तार तक ऊपर को खीचा जा सकता ह। उस समय आवत (whirl) के केन्द्र मे कम वायुमण्डलीय दाब उस स्थान पर कुछ सीमा तक जल को ऊँचा कर देगा और ऊपर को चलने वाली वायु धारा उसको पकडकर ऊपर ले जा सकती है। परन्तु किसी जल ववण्डर म जल का विशाल भाग सागर से जल के उठाव क कारण नही होता, वरन् वायु म स्थित जल वाष्प के सघनन के कारण होता है।

फॉन, चिनुक आदि पवनें (Foehn winds, Chinook winds, etc)—जब ओष्ण आद्र वायु (warm moist air) पवतो के ऊपर जाने के लिए बाध्य होती है तो उसकी आद्रता के कुछ भाग का अवक्षेपण हो जाता है। अवक्षेपण के कारण उसकी गरमी निकल जाती है इस कारण वायु को जितना शीतल होना चाहिए था उसकी अपेक्षा वह बहुत कम शीतल हो पाती है। पवतो के शिखर के उपरान्त वायु नीचे को उतरती है और इस क्रिया म गरम हो जाती है। चढाव मे वह जितनी शीतल होती ह, उतार म चढाव की अपेक्षा अति गरम हो जाती है (लगभग दो गुनी अधिक) क्योकि उतार के समय आद्रता सघनित नही होती है। अत यह एक गरम पवन क रूप मे नीचे उतर सकती ह। इस प्रकार की पवनो को स्विटजरलैण्ड म **फान पवन** और सयुक्त राज्य मे, विशेषत राकी पवतो के ठीक पूव म **चिनुक पवन** कहते है।

ये पवनें परिस्थितियो के अनुसार लाभप्रद अथवा हानिप्रद होती है। उदाहरण के लिए, चिनुक पवने सयुक्त राज्य के उत्तर-पश्चिमी राज्यो और पवतो क पूव कनाडा के प्रान्तो के कतिपय भागो के विकराल जाडो को उग्र रूप धारण नहीं

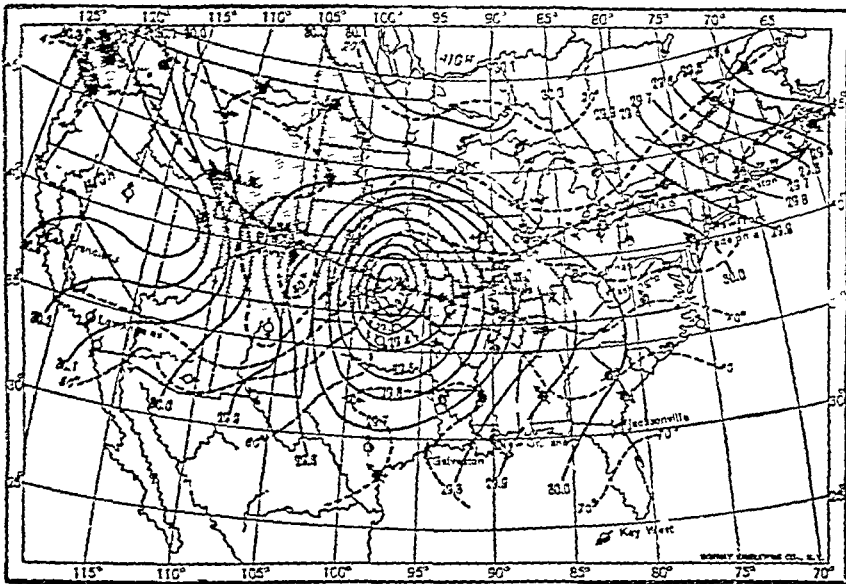



Fig. 572
Weather map for the morning of the day (March 27, 1890) of the Louisville tornado. (*U. S. Weather Bureau*)

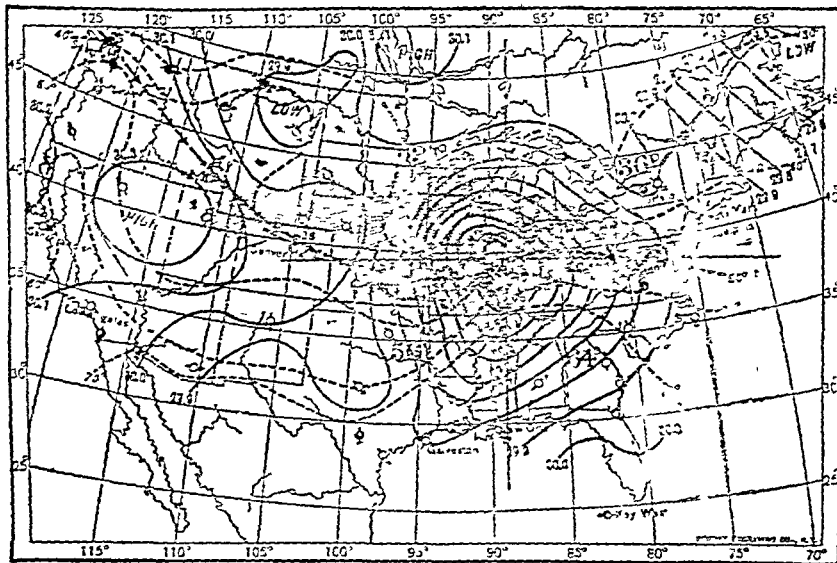



Fig. 573
Weather map for the evening of March 27. 1890. at the time of the Louisville tornado. The tornado was an incident of the cyclone shown on the map. (*U. S. Weather Bureau*)

करन देती है। व कुछ ही घण्टो म लगभग ⅓ मीटर (एक फुट) अथवा अधिक हिम का वाष्पीकरण कर देती है। इस प्रकार की पवनें कभी-कभी 'हिम भक्षी' (snow

Fig 574
Wreckage of the Union Station Power house at St Louis May 27 1896 (*U S Weather Bureau*)

Fig 575
Trees twisted off by tor nadic winds (*U S Wea ther Bureau*)

Fig 576
Straws driven into dry wood by tornadic winds (*U S Weather Bureau*)

eaters) कहलाती है। इन पवनो के कारण जाड़े की ऋतु म विशाल क्षेत्रो पर पशुओं की चराई सम्भव होती है। जलवर्टा मे चिनुक के विषय मे कहा गया है कि "चिनुक सामान्यत जलवायु की एक महान विशेषता है जिस पर मौसम निर्भर

Fig. 577

Distribution of tornadoes in the United States, 1794-1881.

हुआ करता है।" कभी-कभी ये पवनें अत्यन्त अचानक रूप से विकसित हो जाती हैं। १९ जनवरी, १८९२ को, फोर्ट ऐसीनीबोइन (Fort Assiniboine) मौण्टाना में चिनुक पवन के प्रभाव से १५ मिनट में ही तापमान ४३° फा० बढ़ गया, और —५·५° से ३७·५° हो गया। अन्य परिस्थितियों में तापमान ६ अथवा ८ घण्टों में ८०° फा० की वृद्धि दिखाता हुआ पाया गया है। ग्रीष्म ऋतु की चिनुक पवनें कभी-कभी इतनी शुष्क एवं गरम होती हैं कि वे वनस्पति को झुलसा देती हैं, और कभी-कभी फसलों को पूर्णतया नष्ट तक कर डालती है। ऐसा केवल उस समय ही होता है जबकि भूमि शुष्क हो और इस कारण पौधों को आवश्यक नमी प्रदान करने में असमर्थ हो।

१८
जलवायु[1]
(CLIMATE)

पिछले विवरणों में जलवायु से सम्बन्धित तापमान, वर्षा, पवनें और मौसम के बारे में पर्याप्त कहा जा चुका है, अथवा उन विवरणों में जलवायु से सम्बन्धित अनेक तथ्यों का वर्णन हो चुका है। यहाँ पर केवल संक्षेप में ही उनमें से कतिपय उन मुख्य-मुख्य बातों को जो पृथ्वी के प्रधान कटिबन्धों पर लागू होती हैं सारांश के रूप में उपस्थित किया जा रहा है।

परिभाषा (Definition)—समुद्र की पर्याप्त अवधि के लिए मौसम दशाओं के औसत क्रम को जलवायु कहा जाता है। किसी स्थान की गरमी की जलवायु को वहाँ के उसके ग्रीष्म मौसमों द्वारा दिखाया जाता है किसी एक मौसम द्वारा नहीं। इसी प्रकार से पतझड़ अथवा शिशिर अथवा बसन्त की जलवायु को भी दिखाया जाता है। १० वर्षों के मौसमों की औसत दशा किसी स्थान की सही जलवायु का कुछ अन्दाज दे सकती है, २५ वर्षों की औसत सही जलवायु के लगभग समीप तक अन्दाज दे सकेगी, और ५० अथवा १०० वर्षों की औसत और भी अच्छा अन्दाज बता सकने में समर्थ होती है।

जलवायु की अन्य परिभाषा में कहा गया है मौसमी अवस्थाओं का वह समस्त योग जो जीव और वनस्पति जीवन को प्रभावित करता है उस स्थान की जलवायु कहलाती है। (*Hann*) जलवायु की इस धारणा के अनुसार वे सभी मौसमी तत्त्व जो जीवन पर अधिकतम प्रभाव डालते हैं जलवायु में अधिकतम महत्त्वपूर्ण होते हैं।

जलवायु के दो प्रधान तत्त्व ये हैं (१) तापमान और (२) आर्द्रता। आर्द्रता में (अ) सापेक्षिक आर्द्रता (आ) निरपेक्ष आर्द्रता (absolute humidity), (इ) मेघता अथवा बदली की मात्रा (degree of cloudiness), और (ई) अव-क्षेपण आते हैं। जलवायु का वर्णन ऊष्ण अथवा शीत (warm or cold), शुष्क अथवा आर्द्र (dry or moist) के रूप में किया जा सकता है। सामान्य भाषा में जलवायु के अन्य तत्त्वों की प्रायः अवहेलना कर दी जाती है किन्तु (३) पवन को नहीं भुलाया जा सकता है।

---

[1] See De Ward, *Pop Sci Mo*, March 1910

किसी प्रदेश की जलवायु की विशेषताओं को निश्चित करते समय एक वर्ष और अनेक ऋतुओं के औसत तापमान का ही केवल विचार नहीं किया जाता है, वरन् **अपवादस्वरूप ऋतुओं** (exceptional seasons) के तापमानों और ऋतु की सीमा के भीतर के तापमानों की चरम अवस्थाओं (extremes) का भी विचार किया जाता है। इन चरम अवस्थाओं का विचार केवल इसलिए ही नहीं किया जाता है कि वे औसतों को प्रभावित करती है, बल्कि इसलिए भी किया जाता है कि इनसे उनके स्वयं के बारे में भी पता चल जाता है। तापमान के विषय में अन्य महत्त्वपूर्ण तथ्य वसन्त में अन्तिम तुषारों की तिथियों और पतझड़ में प्रथम तुषारों की तिथियों से सम्बन्धित है, क्योंकि ये दोनों तिथियाँ बढ़ती हुई ऋतु की अवधि निश्चित करती है। निरपेक्ष तापमान (absolute temperature) के अतिरिक्त ज्ञेय तापमान (sensible temperature—वह तापमान जिसका अनुभव किया जा सके) भी जलवायु का एक अंग होता है। ऐसी आर्द्र वायु जिसकी ऊष्मा के अंश निश्चित हो, उसी तापमान की शुष्क वायु की अपेक्षा उस समय अधिक ओष्णतर (warmer) प्रतीत होती है जबकि तापमान उच्च होता है, और उस समय अधिक शीतलतर (colder) होती है जबकि तापमान नीचा होता है।, जहाँ पर आपेक्षिक आर्द्रता (relative humidity) ऊँची होती है वहाँ लू (sun strokes) उस स्थान की अपेक्षा अत्यधिक सामान्य होती है जहाँ पर आर्द्रता नीची (कम) होती है। उदाहरण के लिए, शुष्क-पश्चिमी संयुक्त राज्य में लू नहीं चल पाती है, चाहे वहाँ के तापमान शिकागो और न्यूयार्क के तापमानों की अपेक्षा पर्याप्त ऊँचे ही क्यों न हों। जब एक निश्चित तापमान की वायु चलती है तो वह शान्त समय की अपेक्षा अधिक शीतल होती है।

इसी प्रकार, जलवायु में वार्षिक अवक्षेपण की औसत मात्रा के विचार के साथ-साथ एक वर्ष से दूसरे वर्ष और एक ऋतु से दूसरी ऋतु में होने वाले अनेक प्रकार के अवक्षेपणों, वर्षपर्यन्त उसके औसत वितरण, इस औसत से विचलनों (departures), और उन अनुपातों का जो क्रमशः वर्षा एवं शीत के गिरने से उत्पन्न होते हैं, भी विचार किया जाता है। किसी स्थान की जलवायु वायुपूर्ण (windy) हो सकती है, किन्तु ऐसा पर्याप्त क्षेत्र कहीं भी नहीं है जहाँ वायु सर्वदा बहती हो। वर्ष भर के पवन के वितरण का विचार उसी प्रकार से किया जाएगा, जिस प्रकार से तापमान और अवक्षेपण के वितरण का किया जाता है।

एकरूपता और विभिन्नता (Uniformity and variability)—यदि तापान्तर थोड़ा होता है तो अवक्षेपण का वितरण कुछ-कुछ समान होता है, और यदि पवनें, दिशा एवं शक्ति में उचित रूप से स्थायी होती है तो जलवायु सम (uniform—एकसी) होती है। इसके विपरीत, यदि इन जलवायु के तत्त्वों में महान परिवर्तन होते है तो जलवायु परिवर्तनशील (variable) कहलाती है; ये परिवर्तन एक वर्ष के या क्रमिक अनेक वर्षों के भी हो सकते है। उदाहरण के लिए, संयुक्त राज्य में मध्य एवं उत्तरी अक्षांशों में जलवायु परिवर्तनशील है,

क्योंकि (१) वार्षिक तापमान का अन्तर अधिक है, (२) एक वर्ष मे दूसरे वर्ष अन्तर में पर्याप्त विभेद होता है, (३) भिन्न भिन्न ऋतुओ मे तापमान भिन्न भिन्न होता है, (४) तापमान के परिवर्तन भयानक हो सकते है, और (५) वर्षा की मात्रा और वितरण स्पष्ट रूप से और अनियमित ढग से एक वर्ष से दूसरे वर्ष, और एक ऋतु मे दूसरी ऋतु मे परिवर्तित होते हैं। मौसम की भविष्यवाणियो को महत्त्व प्रदान करने वाली मौसम की यही विभिन्नता ही हुआ करती है, और परिवर्तनशील मौसम परिवर्तनशील जलवायु को जन्म दिया करता है।

कोई परिवर्तनशील जलवायु विभिन्न प्रकारो से विभिन्न होती है। कोई जलवायु जो नियमित रूप से एक ऋतु मे शुष्क और दूसरी ऋतु में आर्द्र होती है, अवक्षेपण के अनुसार एक वर्ष के लिए चाहे तापान्तर अधिक न भी हो, परिवर्तनशील होती है, परन्तु ऐसे प्रदेश की जलवायु वर्ष-प्रति-वर्ष अति स्थायी हो सकती है। इस प्रकार की जलवायु भूमध्यरेखीय प्रशान्त-मण्डलो (equatorial calms) के किनारे पर पायी जाती है, जो सूर्य के स्पष्ट स्थानान्तरण के साथ कुछ उत्तर एव दक्षिण को स्थानान्तरित होते रहते है। अत प्रशान्त कटिबन्ध (calm zone) के प्रत्येक किनारे पर एक सकीर्ण पटी एकान्तर रूप मे (alternately) प्रशान्त-मण्डलो और व्यापारिक पवनो के प्रदेश म रहती है। पहली दशा में इसम प्रचुर वर्षा होती है और द्वितीय म यह साधारणतया शुष्क रहती है।

कोई प्रदेश जो वर्ष के एक अवसर पर उष्ण रहता है और दूसरे पर शीतल, तापमान के प्रसग म वर्ष के भीतर परिवर्तनशील कहलाता है। ऐसे प्रदेशो में भी एक जाडा अथवा ग्रीष्म अगले की अपेक्षा बहुत अधिक शीतल अथवा ओष्णतर हो सकता है, और एक ऋतु म दूसरी ऋतु की अपेक्षा एक वर्ष से दूसरे वर्ष परिवर्तन पैदा कर सकता है। कोई जलवायु जो तापमान के प्रसग में परिवर्तनशील है, आर्द्रता के प्रसग मे अनिवार्य रूप से परिवर्तनशील नही भी होती है। परन्तु सामान्यत तापमान और आर्द्रता म परिवर्तन साथ ही साथ हुआ करते है।

कुछ प्रदेशो म पवनें एक ऋतु से दूसरी ऋतु मे नियमित रूप मे स्थानान्तरित होती है जैसे कि मानसूनी प्रदेशो म। ऐसे स्थानो की कई जलवायु पवन के प्रसग मे वर्ष के भीतर परिवर्तनशील होती है और इस कारण म वे (जलवायु) जलवायु के कुछ अन्य तत्त्वो के प्रसग में भी परिवर्तनशील हो जाती है। वर्ष प्रति-वर्ष के विचार से ऐसे प्रदेशो की जलवायु सम हो सकती है। ये उदाहरण यह दिखाने के लिए पर्याप्त होते है कि **'परिवर्तनशील जलवायु'** का अर्थ स्वय ही परिवर्तनशील है।

जलवायु का वर्गीकरण
(Classification of Climates)

अनेक अन्य शीर्षको (topics—विषयो) की ही भाति जलवायु का वर्गीकरण भी विभिन्न प्रकार से किया जा सकता है, और प्रत्येक वर्ग किसी महत्त्वपूर्ण तथ्य पर बल देने मे सहायता करता है। एक वर्गीकरण का सुझाव तो पहले ही दिया जा

चुका है, अर्थात् **सम** और **परिवर्तनशील**। एक दूसरा वर्गीकरण प्रधानतया **सूर्य से प्राप्त गरमी की मात्रा** से सम्बन्धित होता है। इस आधार पर पृथ्वी पर जलवायु का वितरण जलवायु के कटिबन्धो के रूप मे हुआ है जिनकी सीमाएँ समानान्तर है। सूर्य से प्राप्त गरमी पर आधारित जलवायु के कटिबन्ध **सौर जलवायु** (Solar climate) को प्रकट करते है। सौर जलवायु सूर्य से प्राप्त गरमी के अतिरिक्त विभिन्न कारको द्वारा इतनी अधिक बदल दी जाती है कि उसके लिए समानान्तरो (अक्षाशो) की अपेक्षा अन्य रेखाओ द्वारा घिरी हुई जलवायु के कटिबन्धो का सुझाव देना पडता है। तापमान के ऊपर स्थल और जल के प्रभाव को पहले ही देखा जा चुका है। यह प्रभाव इतना महत्त्वपूर्ण है कि जलवायु का वर्गीकरण **महासागरीय** (oceanic) एवं **महाद्वीपीय** (continental) मे भी किया जाता है और महाद्वीपीय जलवायु बाद मे इन आधारों पर विभाजित की जाती है: (१) समुद्र से दूरी, (२) ऊँचाई, और (३) स्थलाकृतिक (topographic) सम्बन्ध। इन वर्गीकरणो के अधिकांश मे तापमान एक नियन्त्रक तत्त्व (controlling element) है।

जलवायु के कटिबन्ध
(Climatic Zones)

जलवायु के आधार पर पृथ्वी कतिपय कटिबन्धो मे बँटी हुई है। सामान्यत: स्वीकृत कटिबन्ध निम्न है· (१) **उष्णकटिबन्ध,** जो भूमध्यरेखा के आसपास केन्द्रित है, (२) **मध्यवर्ती (समशीतोष्ण) कटिबन्ध,** जो उष्णकटिबन्ध के बाहरी अक्षांशो मे स्थित है, और (३) **ध्रुवीय कटिबन्ध**, जो ध्रुवो के आसपास स्थित है। इन कटिबन्धो की सीमाओ की परिभाषाएँ विभिन्न प्रकार से की गयी है। एक वर्ग मे उनकी परिभाषा **अक्षांशों** द्वारा, दूसरे मे **पवन की दिशा** और तीसरे मे **तापमान** द्वारा व्यक्त की जाती है।

अक्षांश द्वारा कटिबन्धों का स्पष्टीकरण (*Zones defined by latitudes*)–अक्षांश द्वारा स्पष्टीकरण करने पर उष्णकटिबन्ध भूमध्यरेखा से ध्रुवो की ओर कर्क और मकर-रेखाओ द्वारा सीमित है, और ध्रुवीय कटिबन्ध ध्रुवों से भूमध्यरेखा की ओर क्रमश आर्कटिक और अण्टार्कटिक वृत्तो द्वारा सीमित है, जबकि मध्यवर्ती कटिबन्ध एक ओर उष्णकटिबन्ध से और दूसरी ओर ध्रुवीय कटिबन्धो से घिरे है। अन्य शब्दो मे यह कहा जा सकता है कि उष्णकटिबन्ध इस वर्गीकरण के अनुसार वह कटिबन्ध है जहाँ (१) वर्ष के भीतर किसी समय पर सूर्य ऊर्ध्वाधर रहता है (अयन रेखाओ के अतिरिक्त, वर्ष मे दो बार); (२) दिन और रात की लम्बाई के अन्तर सापेक्षिक रूप से (relatively) कम है; (३) सूर्य से प्राप्त होने वाली वार्षिक गरमी अपेक्षाकृत पर्याप्त महान होती है, और औसत तापमान ऊँचा रहता है, (४) वार्षिक सूर्यताप का अन्तर अल्प होता है, और उसके परिणाम-स्वरूप (५) वार्षिक तापमान का अन्तर अधिक नही होता है।

इस कटिबन्ध की सूर्य की बड़ी गरमी सूर्य की किरणो के कम तिरछेपन द्वारा स्पष्ट की जा सकती है। भूमध्यरेखा पर सूर्य की किरणे दोपहर को उदग्नता

(verticality) से अधिकतम लगभग २२½ विचलित (departed) होती हैं, अयन रेखाओं पर वे उदग्रता से अधिक से अधिक लगभग ४७° विचलित होती हैं, और मध्यवर्ती अक्षाशों पर मध्यवर्ती मात्राओं द्वारा विचलित रहती है। सूर्य की किरणों का औसत झुकाव लगभग ४५° है। अत सूर्य की किरणें उष्णकटिबन्ध में मध्यवर्ती कटिबन्धों की अपेक्षा उदग्रता से बहुत ही कम विचलित होती है। इस कटिबन्ध में अल्प तापमान का अन्तर दो तथ्यों द्वारा स्पष्ट किया जाता है, अर्थात (अ) उष्ण कटिबन्ध के भीतर दिन और रात कभी भी असमान नहीं होते हैं (चित्र ४७१), और (आ) वर्ष में सूर्य की किरणों के कोण में परिवर्तन अन्य स्थानों की अपेक्षा कम है।

मध्यवर्ती (समशीतोष्ण) कटिबन्ध वे कटिबन्ध हैं जहां (१) सूर्य की किरणें कभी भी उदग्र (vertical) नहीं होती है, (२) दिन और रात पर्याप्त असमान होते हैं, प्रत्येक (दिन एवं रात), वर्ष भर में भूमध्यरेखा की ओर की सीमा पर लगभग १०½ घण्टा तक के, और ध्रुवों की सीमा की ओर पर लगभग २४ घण्टों तक के होते है, किन्तु इस कटिबन्ध में सूर्य लगातार चौबीस घण्टा तक क्षितिज के ऊपर कभी भी दिखाई नहीं देता है (३) वार्षिक सूर्य से प्राप्त गरमी की मात्रा कम होती है, और (४) वार्षिक सूर्य प्राप्त गरमी का वार्षिक अन्तर (range) अयनों के नीचे की अपेक्षा अधिक होता है।

ध्रुवीय कटिबन्ध वे कटिबन्ध हैं जहां (१) कभी कभी दिन और रात की लम्बाई चौबीस घण्टों से भी अधिक होती है, (२) वार्षिक सूर्यताप कम से कम होता है, और (३) और सूर्यताप का अन्तर अधिकतम होता है।

कटिबन्धों की इस परिभाषा के अनुसार उष्णकटिबन्ध लगभग ४७°, प्रत्येक समशीतोष्ण कटिबन्ध ४३° के लगभग और ध्रुवीय कटिबन्धों में से प्रत्येक लगभग २३½° चौडा है।

इस वर्गीकरण में सरलता का गुण है, और इसका एक निश्चित ज्योतिषीय (astronomical) आधार है, किन्तु इस प्रकार से माने गये कटिबन्धों की सीमाएँ प्रत्येक स्थान पर एक प्रकार की जलवायु को दूसरी से भिन्न नहीं करती है। वास्तविक जलवायु एवं उन वस्तुओं पर जिनको जलवायु प्रभावित करती है, इस वर्गीकरण को लागू किये जाने पर विदित होता है कि यह विभाजन मनमाना (arbitrary) है। जैसे कि कर्क एवं मकर के समीप मध्यवर्ती कटिबन्धों के उस भाग की जलवायु अनिवार्य रूप से उष्णकटिबन्ध की जलवायु के समान होती है और मध्यवर्ती कटिबन्ध के उस भाग की जलवायु जो ध्रुवीय कटिबन्ध के समीप है ध्रुवीय कटिबन्ध की जलवायु से बहुत भिन्न नहीं है। इस आधार पर किसी मध्यवर्ती कटिबन्ध के निम्नतम और उच्चतम अक्षांशों के बीच मिलने वाली जलवायु में किसी मध्यवर्ती कटिबन्ध के निम्नतम अक्षांशों और उष्णकटिबन्ध के उच्चतम अक्षांशों की जलवायु अथवा मध्यवर्ती कटिबन्ध के उच्चतम अक्षांशों और ध्रुवीय कटिबन्धों के निम्नतम अक्षांशों की जलवायु की अपेक्षा कहीं अधिक अन्तर होता है।

(*warmest*) महीने के लिए ५०° फा० की समताप रेखाएँ होती है (चित्र ५७८)। इस आधार पर उष्णकटिबन्ध महासागरो के पूर्वी ओर सकुचित (narrowed)

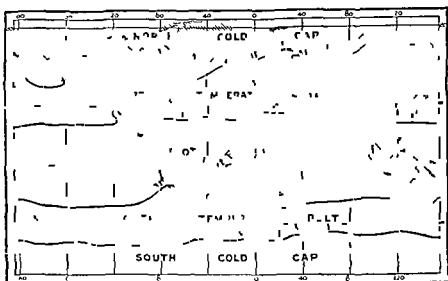



Fig 578

Temperature zones Degrees Fahr (*After Supan*)

हो जाता है और पश्चिमी ओर चौडा हो जाता है, ऐसी दशा स्थल के प्रभाव के परिणामस्वरूप उत्पन्न होती हैं।

सामान्यत जलवायु के कटिबन्धो की परिभाषा के लिए यह एक पर्याप्त सन्तोषजनक आधार प्रतीत होता है, यद्यपि इसमे प्रथम परिभाषा के आधार की गणित की सरलता एव शुद्धता का अभाव है, और द्वितीय के आधार द्वारा स्वीकृत जलवायु के कुछ भिन्न तत्वो का विचार करने मे यह असफल है।[1]

जलवायु के प्रत्येक कटिबन्ध मे कम से कम दो प्रधान उपविभाग हैं, एक महाद्वीपीय (continental) और दूसरा महासागरीय (oceanic)। किसी कटिबन्ध की महासागरीय जलवायु वहा पायी जाती है जहाँ जल के विस्तृत क्षेत्र है और अन्य स्थानो पर महाद्वीपीय जलवायु प्रमुख होती है।

महासागरीय जलवायु (Oceanic climate)—तापमान के सम्बन्ध मे महाद्वीपीय जलवायु की अपेक्षा महासागरीय जलवायु कम परिवर्तनशील होती

---

[1] यहा पर विचार किये गये आधारो पर जलवायु के वर्गीकरण का Ward द्वारा *Bull Goeg Soc of Am*, १९०६, पृष्ठ ४०१ पर सुन्दर विवेचन किया गया है।

है। ०° और ८०° के अक्षांशों के बीच दैनिक तापमान का अन्तर समुद्र के ऊपर केवल २° से ३° तक ही होता है। स्थल पर यह अत्यधिक होता है। समुद्र के ऊपर वार्षिक तापमान का अन्तर भी स्थल की अपेक्षा बहुत कम होता है। इस तथ्य को चित्र ५७९ द्वारा दिखाया गया है। मैडीरा (Madeira) के द्वीप पर वक्र *M* और एशिया माइनर में बग़दाद (Bagdad) पर वक्र *Bd* वार्षिक भिन्नताओं को प्रकट करते हैं। पहला वक्र एक समुद्री और दूसरा वक्र एक महाद्वीपीय जलवायु को दिखाता है। उच्च अक्षांशों में अन्तर और भी अधिक बड़े होते हैं, जैसा कि *V* और *N* वक्रों द्वारा दिखाया गया है। पहला आयरलैंड के दक्षिण-पश्चिमी तट पर स्थित वैलेंशिया की समुद्री जलवायु को और दूसरा पूर्वी साइबेरिया की महाद्वीपीय जलवायु को प्रकट करता है।

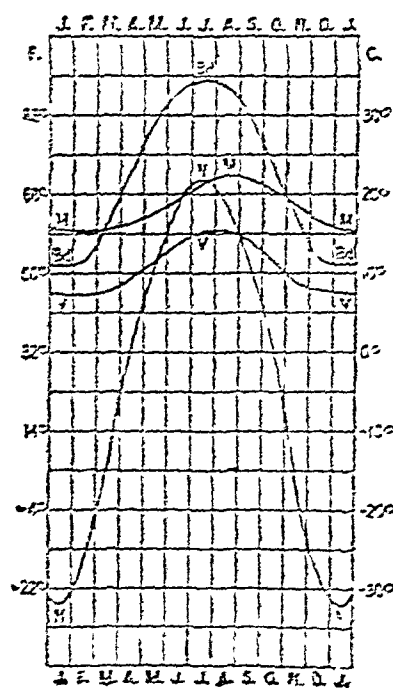



Fig. 579

Graphs to illustrate oceanic and continental climates in different latitudes. *M*—Madeira. *Bd*—Bagdad. *V*—Valentia, and *N*—Eastern Siberia. *M* and *V* represent oceanic climates: *Bd* and *N*. continental. (*After Angot*)

समुद्र, स्थल की अपेक्षा तापमान की वार्षिक गति (annual march) को अधिक रोकता है (चित्र ५८०)। अतः स्थल की अपेक्षा समुद्र पर एवं उसके निकट वसन्त ऋतु अपेक्षाकृत अधिक शीतल और पतझड़ की ऋतु अधिक गरम होती है। महाद्वीपीय जलवायु की अपेक्षा महासागरीय जलवायु की आर्द्रता भी अधिक होती है। इसके परिणाम-स्वरूप महासागरीय जलवायु में अधिक बदली और प्रायः अधिक वर्षा होती है। यह वर्षा जाड़ों में विशेष रूप से अधिक होती है। समुद्र की पवनें सामान्यतः स्थल की पवनों की अपेक्षा अधिक शक्तिशाली होती हैं। महासागरों के प्रतिवात (leeward) तटों (वे तट जिनकी ओर समुद्र से पवनें आती हैं) की जलवायु अनिवार्य रूप में महासागरीय होती है। ऐसे तटों पर की वनस्पति एवं प्राणी जीवन पर अधिक समान तापमान एवं आर्द्रता की अधिक विस्तृत मात्रा का महत्त्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। ये प्रभाव इतने व्यापक होते हैं कि जीवन और मृत्यु की घटनाओं एवं बचाव (thrift) की मात्रा में भी आगे तक विद्यमान रहते हैं। उदाहरण के लिए, किसी महाद्वीपीय जलवायु की अपेक्षा समुद्री जलवायु में उत्पन्न गेहूँ में प्रोटीन (protein) की मात्रा कम होती है, और तापमान की वृद्धि के साथ गेहूँ का माँड़ (starch—मण्ड) कम होता जाता है और इसका

आश्लेप (gluten—ग्लूटन) बढ़ना जाता है।[1] मयुक्त राज्य के शुष्क पश्चिमी भाग मे उगाये गये आल, जहा पर आवश्यक (किन्तु अनावश्यक नही) पानी सिंचाई द्वारा दिया जाता है, आद्र जलवायु म उगाये गये आल की अपक्षा अधिक पौष्टिक (nutritious) होते हैं। ये माधारण तथ्यो के केवल दृष्टान्त ही हैं।

महाद्वीपीय जलवायु (Continental climates)—समुद्री जलवायु के विपरीत, महाद्वीपीय जलवायु के वार्षिक एव दैनिक तापमान के अन्तर अधिक बड होते है और ऋतुएँ ममुद्र के ऊपर की अपक्षा कम पीछे रहती ह। उच्च अक्षाशा म आकाश स्वच्छ रहते है और जाडे अधिक शीतल होत है, निचले अक्षाशो मे जाड समुद्र के ऊपर की अपक्षा अधिक आष्ण रहते ह। आद्रता और वर्षा की माना कम है, और समुद्र के ऊपर की अपक्षा वर्षा बार बार नही होती है, किन्तु वर्षा की मात्रा और वितरण स्थल की आकृति, पवन आदि द्वारा प्रभावित होते हैं।

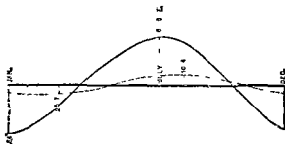



Fig 580
Annual march of temperature (in degrees Fahr) in continental (full line curve) and oceanic (broken line curve) climates The horizontal line represents the annual average (*After Hann*)

जहा तक तापमान का मम्बन्ध है, महामागरीय एव महाद्वीपीय जलवायु के बीच के अन्तर निम्नांकित सारणी द्वारा दिखाय गये ह

अक्षाश	०°	१०°	२०°	३०°	४०°	५०°
स्थल गोलार्द्ध का माध्य तापमान (Mean temperature of land hemisphere)	४४ ८°	४२ ५°	३६ ४°	२६ ० °	१५ ७°	३ ६°
जल गोलार्द्ध का माध्य तापमान (Mean temperature of water hemisphere)	२२ २°	२१ २°	१६ ६°	१७ ४°	१२ ७°	७ ६°
अन्तर (Difference)	२२ ६°	२१ ३°	१६ ८°	८ ६°	३ ०°	–४ ०°

[1] Hann, *Handbook of Climatology*

मरुस्थली जलवायु (Desert climates) महाद्वीपीय जलवायु की ही एक चरम अवस्था (extreme phase) है। इसमे दैनिक तापमान के अन्तर महान होते है। परिणाम यह होता है कि दिन मे पवने पर्याप्त उच्च रहती है, और वायु प्राय इतनी धूलमय होती है कि यात्रा करना तक कठिन हो जाता है। राते अधिक शान्त और अधिक शीतल रहा करती है। अधिक दैनिक तापमान के अन्तरो एवं उच्च पवनो के फलस्वरूप तापमान के परिवर्तनो के कारण चट्टानो का टूटना और पवन द्वारा धूल तथा बालू का परिवहन (transportation) अपनी अधिकतम सीमा पर होते है। वनस्पति जगत के लिए शुष्कता विपरीत होती है, अत यह जलवायु जानवरो के लिए भी विपरीत होती है।

चूँकि समुद्रतटीय जलवायु महाद्वीय के पवनाभिमुख पार्श्व (leeward side) पर उसी अक्षाश की महासागरीय जलवायु के बहुत कुछ समान होती है, अत. पछुवा पवनो के कटिबन्धो मे महाद्वीपो के पश्चिमी तटो पर महासागरीय जलवायु और पूर्वी तटो पर महाद्वीपीय जलवायु पायी जाती है। व्यापारिक पवनों के कटिबन्ध मे परिस्थिति इसके विपरीत मिलती है।

कुछ समुद्रतटीय कटिबन्धो की जलवायु प्रधानतया मानसून पवनो द्वारा नियन्त्रित है। ये पवने इतनी प्रभावशाली होती है कि मानसून जलवायु को एक अलग जलवायु मानना ही उचित है। मानसून तटो पर ग्रीष्म मे आती है, अत' वे ग्रीष्म मे ही वर्षा करती है; किन्तु स्थानीय रूप से मानसून पवने जाड़े मे भी अवक्षेपण करती है।

पर्वतीय एवं पठारी जलवायु (Mountain and plateau climates) अन्य महाद्वीपीय जलवायु से भिन्न होती है, क्योंकि (१) ऊँचाई की वृद्धि के साथ सूर्यताप एव विकिरण (insolation and radiation) मे वृद्धि होती है, (२) 'निरपेक्ष आर्द्रता (absolute humidity) कम होती है, (३) तापमान कम होता है, (४) सौर तापमान (solar temperature) का अन्तर अधिक होता है, और (५) किन्ही-किन्ही ऊँचाइयो तक अवक्षेपण के बार-बार होने की सख्या (frequency) अधिक होती है। निचले स्तरो पर की अपेक्षा भूमि एव वायु के तापमानो के बीच का अन्तर भी अधिक होता है।

पर्वत भी, महासागरो की ही भाँति, सापेक्षित रूप से शुद्ध वायु तथा उच्च पवनो से युक्त होते है। वे साधारण पवनो को आपरिर्वातित (modified) कर देते है और स्थानीय पवनो को जन्म देते है, जैसे कि पर्वतीय और घाटी की समीरे। वे वायु के स्वतन्त्र क्षैतिज प्रवाह को रोकते है, इस कारण किसी पर्वत श्रेणी के दूसरी ओर दाब और आर्द्रता की अवस्थाएँ नितान्त भिन्न हो सकती है।

वनों का जलवायु पर प्रभाव (Climatic effect of forests)—महाद्वीपीय जलवायु पर वन भी एक आपरिवर्तनकारी प्रभाव (modifying influence) डालते है। वे **विकिरणशील एवं वाष्पनशील तलो** (radiating and evaporating surfaces) वृद्धि द्वारा और सम्भवत मेघता (cloudiness—बदली) की वृद्धि

द्वारा ग्रीष्म के तापमान को नीचा कर देते है। वे वायु की आपेक्षिक आद्रता को बढाते है, किन्तु यह अनिश्चित है कि व अवक्षेपण पर अत्यधिक प्रभाव रखते है अथवा नही। कुछ प्रदेशो के सकलित आकडा द्वारा इसका उत्तर 'हा' (affirmation) म और कुछ के द्वारा 'नही' म ज्ञात होता है। किसी भी परिस्थिति मे वे वर्षा से गिरे हुए जल को रोकते हैं और हिम के पिघलने मे वाधा उपस्थित करत है, अत उस प्रदेश की आद्रता पर उनका सामा य प्रभाव बहुत कुछ वही होता है जो अवक्षेपण मे वृद्धि हो जाने के कारण पडता। पवन एव बाढ का रोकने म भी वन सहारा देते है।

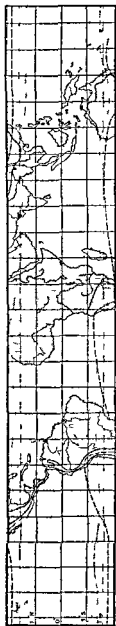



Fig 581 Map of the tropical regions, showing land and water areas Poleward limit of distribution of palm trees —— Poleward limit of tradewinds Mean annual isotherm of 68° F - -

इन सामान्य तथ्यो को ध्यान मे रखत हुए, हम अनेक कटिबन्धो की जलवायु के विषय मे सक्षिप्त अध्ययन कर सकते हैं। इस अध्ययन म २३½° और ६६½° की अक्षाश रेखाएँ कटिबन्धो की सीमाएँ मानी जाएँगी।

उष्णकटिबन्धीय जलवायु की सामान्य विशेषताएँ (General Characteristics of Tropical Climates)

उष्णकटिबन्ध मे पृथ्वी के क्षेत्रफल का लगभग ½ भाग सम्मिलित है, और इस ½ भाग मे से लगभग ¼ भाग स्थल है (चित्र ५८१)। इस जलवायु के विषय की मुख्य बातें ये है (१) उनकी उष्णता और (२) उनकी एकरूपता (uniformity)। मौसम बार-बार नही बदलता है, जैसा कि मध्य अक्षाशा म होता है, और वायुमण्डलीय दशाएँ लगभग इतनी एकसी है कि मौसम और जलवायु प्राय एक ही रहत हैं। कटिबन्ध के कतिपय भागा मे समय-समय पर प्रभजन (hurricanes) और तूफान (typhoons) सामान्य एकरसता (monotony) को भग करते रहत हैं।

इस कटिबन्ध म तापमान के विशाल भेदो का अभाव मुख्यत दो कारणा से रहता है (१) दूसरे कटिबन्धो की अपेक्षा सूय की मध्याह्नकाल की ऊँचाई मे

वहुत कम अन्तर पड़ता है, और (२) दिन एव रात की लम्वाइयों मे अधिक अन्तर नही होता है। परिणाम यह होता है कि सूर्यताप की मात्रा एक ऋतु से दूसरी ऋतु मे वदली हुई नही होती है और चूंकि यह मात्रा सदैव विशाल होती है, अतः तापमान (निम्न ऊँचाइयो पर) सदैव ऊँचा रहता है।

उष्णकटिवन्ध में अनेक स्थानो मे उष्णतम एव शीतलतम महीनो के माध्य तापमानो के वीच १०° से कम का अन्तर रहता है, और यह अन्तर १५° से लेकर २०° तक से अधिक नही होता है। महासागरो और अन्य कुछ स्थलों पर यह अन्तर न के तुल्य होता है। कोलम्विया मे वोगोटा (Bogota) पर शीतलतम महीना उष्णतम महीने की अपेक्षा ३° से कम शीतल रहता है, और जावा मे कुछ स्थानो मे यह अन्तर और भी कम होता है। उष्णकटिवन्ध के किनारों (edges) की ओर तापमान का वार्षिक अन्तर विशेषकर भीतरी स्थल पर अधिक होता है।

उष्णकटिवन्ध के अनेक भागो में दिन और रात के तापमान के वीच का *अन्तर उष्णतम और शीतलतम महीनो के वीच के अन्तर की अपेक्षा अधिक वडा* होता है। तटों के समीप तापमान रात मे ७०° से नीचे शायद ही गिरता है और दिन मे ९०° से ऊपर कभी ही उठता है। स्थल के भीतरी भागो मे दैनिक तापान्तर अत्यधिक होता है, और तटो से दूर शुष्क प्रदेशों मे कुछ स्थानों पर यह ६०° या ७०° तक होता है (रात मे ५०° या ६०° से लेकर दिन मे १२०° तक)। कुछ स्थानो मे समुद्र-तल की ऊँचाई पर तापमान हिमाक तक पहुँच जाते है, जैसे कि कटिवन्धो के छोरो के समीप मरुस्थलो में। चूंकि दैनिक तापान्तर उष्णतम एवं शीतलतम महीनो के वीच के तापान्तर से कई गुना वडा होता है, अत सामान्य तौर पर यह कहा जाता है कि "रात उष्णकटिवन्ध की जाड़े की ऋतु होती है।" दिन-प्रतिदिन दैनिक तापान्तर प्राय एक ही रहता है।

उष्णकटिवन्ध का ऊँचे से ऊँचा तापमान मध्य अक्षाशो के ऊँचे से ऊँचे तापमान से ऊँचा नही होता है। उष्णकटिवन्धीय जलवायु की विशेषता उसके उच्च तापमान से प्रकट न होकर निरन्तर ऊँचे रहने वाले तापमान से प्रकट होती है।

उष्णकटिवन्धीय वर्षा की विभिन्नता (variability) उसके तापमान की एकरूपता (uniformity) के विपरीत होती है। कुछ स्थान सदैव शुष्क और कुछ सदैव वर्षा से पूर्ण रहा करते है, कुछ स्थानों मे लगातार कई महीनो तक वर्षा नही होती है और वर्ष के शेष महीनो मे प्राय दैनिक वर्षा होती है; कुछ स्थानो मे प्रति वर्ष एक वर्षा ऋतु होती है और कुछ मे दो-दो वर्षा की ऋतुएँ होती है। जहाँ पर जलवायु का दूसरा प्रधान तत्त्व, तापमान, प्राय. स्थायी होता है वहाँ पर वर्षा जलवायु पर एक नियन्त्रणकारी है। सामान्यत. वर्षा के भेद निश्चित (definite) है और वहुत कुछ नियमित समयो पर ही घटित होते है।

उष्णकटिवन्ध मे, वर्षा का वितरण—(१) पवनो (और प्रशान्त-मण्डल—calms), और (२) स्थल की आकृति (topography) से प्रभावित होता है। उष्णकटिवन्ध मे वर्षा के वितरण को निश्चित करने मे जो पवने (और प्रशान्त-

मण्डल) सर्वाधिक महत्त्व की होती है वे ये है (अ) व्यापारिक पवने, और (ब) भूमध्यरेखीय प्रशान्त मण्डल (equatorial calms)। प्रशान्त पेटी (calm belt) सूर्य के साथ उत्तर एवं दक्षिण को खिसकती है, और इसका स्थान परिवर्तन इस प्रदेश में वर्षा के सामयिक गुण (periodic character) का निश्चित करता है।

वर्षा की ऋतुएँ (Seasons of rainfall)—प्रशान्त मण्डल की घूमने वाली पेटी की सीमाओं के भीतर अधिकाश स्थानों में वर्षा उस समय होती है जबकि सूर्य लगभग सिर के ऊपर रहता है, अथवा उसके कुछ समय बाद। प्रशान्त पेटी के दोनो ओर व्यापारिक पवनो के प्रदेश में वर्षा होने की सम्भावना मुख्यतया उस वायु द्वारा होती है जो ऊँचाइयों के ऊपर जाने को बाध्य होती है।

वर्ष भर की वर्षा का वितरण वर्ष को ऋतुओं में विभाजित करने का आधार प्रदान करता है। कुछ स्थानों में दो ऋतुएँ होती है—एक वर्षा पूर्ण और दूसरी शुष्क, जबकि अन्य स्थानों में चार ऋतुएँ होती है—दो वर्षा की और दो सूखी। इन ऋतुओं की लम्बाइयाँ एक स्थान से दूसरे स्थान पर बहुत बदलती रहती है। कुछ स्थानों में वर्ष भर सूखा रहता है। ऐसे स्थानों की ऋतुएँ तापमान की दृष्टि से भिन्न होती है और जब सूर्य की किरणें अधिक उदग्र (vertical) होती है तो वे अधिक गरम हो जाती है।

उष्णकटिबन्ध के भीतर जलवायु के प्रकार
(Types of Climate within the Tropics)

वर्षा और उसके प्रभाव एक ऐसा आधार प्रदान करते है जिस पर विभिन्न प्रकार की उष्णकटिबन्धीय जलवायु के भेद किये जाते है। वे ये है (१) भूमध्यरेखीय जलवायु (equatorial type) जो भूमध्यरेखा के दोनो ओर १०° से १५° तक के प्रदेश को प्रभावित करती है, (२) व्यापारिक पवनो के प्रकार की जलवायु (the trade wind type) जो भूमध्यरेखीय प्रकार की जलवायु के प्रदेश और कर्क एवं मकर-रेखाओं के बीच की पटियों को प्रभावित करती है, (३) मानसून प्रकार की (monsoon type) जलवायु, विशेषकर समुद्र के निकटवर्ती स्थलो के आस पास, और (४) ऊंचाइयों द्वारा उत्पन्न इन प्रकारों का बदला हुआ स्वरूप जिसको पर्वतीय जलवायु (mountain climate) कहा जा सकता है।

१ भूमध्यरेखीय जलवायु (०° अक्षांश से १०° या १५° उत्तर एवं दक्षिण तक)
(Equatorial Climate—Latitude 0° to 10° or 15° N and S)

तापमान (Temperature)—उष्णकटिबन्ध के इस भाग में तापमान का परिवर्तन कम से कम होता है। तापमान के अन्तर मुख्यत निम्न बातों पर निर्भर होते है (१) ऊँचाई, और (२) समुद्र से निकटता, विशेषत उस समुद्र की निकटता जहा से स्थल की ओर पवन बहती है। जलवायु की इस पटी की विचित्र समुद्री जलवायु में एक महीने से दूसरे महीने में तापमान का अन्तर केवल १° के तुल्य होता है। उदाहरण के लिए, बटेविया (जावा) में माध्य वार्षिक तापमान ७८ ८° फा० है,

और शीतलतम महीना उष्णतम महीने की अपेक्षा केवल २° ही अधिक शीतल रहता है। इसके विपरीत, मध्य अमरीका के भीतर माध्य वार्षिक तापमान (mean annual temperature) बटेविया की अपेक्षा अधिक भिन्न अवश्य नही है किन्तु उष्णतम महीना शीतलतम महीने की अपेक्षा १०° या १२° अधिक उष्ण रहता है। अधिकाश स्थानो मे दैनिक तापमान का अन्तर वार्षिक अन्तर की अपेक्षा अधिक बड़ा होता है। यह तटो की अपेक्षा स्थल के भीतरी भागो मे अधिक होता है और कम ऊँचाइयो की अपेक्षा पर्याप्त ऊँचाइयो पर अधिक होता है।

वर्षा (Rainfall)—आमतौर पर वर्षा दोपहर के बाद (after noon) बौछारो के रूप मे आती है, वर्षा के साथ प्राय. बिजली का गर्जन रहता है, और प्राय. प्रतिदिन का प्रात काल स्वच्छ रहता है। उष्णकटिबन्धीय प्रशान्त-मण्डलो की पेटी के स्थान-परिवर्तन मे दैनिक वर्षा के प्रदेश की गति (movement) निहित (involved) रहती है। प्रशान्त-मण्डलो की मेखला के भीतर और बाहर रहने वाले स्थान बारी-बारी से आर्द्र और शुष्क ऋतुएँ पाते है। जब सूर्य दोपहर को लगभग उदग्र (vertical) रहता है, तो भूमध्यरेखीय कटिबन्ध के किनारो के समीप एक अपेक्षाकृत छोटी आर्द्र ऋतु होती है, और जब सूर्य की किरणें अधिक तिरछी होती है तो एक लम्बी शुष्क ऋतु होती है। भूमध्यरेखा के समीप दो आर्द्र और दो शुष्क ऋतुएँ होती है। जब दोपहर को सूर्य की किरणे लगभग उदग्र रहती है तो आर्द्र ऋतुएँ विषुवो (equinoxes) के अवसरो के आसपास केन्द्रित होती है; और शुष्क ऋतुएँ उस समय होती है जबकि सूर्य की किरणे भूमध्यरेखा से दूर उदग्र होती है।

आर्द्रता एवं मेघता (Humidity and cloudiness)—सामान्यत· वर्षा ऋतु मे आर्द्रता अधिक और शुष्क ऋतु मे कम होती है। वर्ष भर मे वर्षा और मेघो का वितरण भिन्न-भिन्न महीनो के तापमानो को प्रभावित करता है। नियमानुसार, शुष्क ऋतु के अन्त मे तापमान उच्चतम रहता है, और अनेक स्थानो मे वर्षा ऋतु वर्ष का शीतलतम भाग होती है, यद्यपि उस समय सूर्य उच्चतम होता है। इसका कारण यह है कि दिन के पर्याप्त भाग मे बादल सूर्य की किरणो को ढक लेते है। वर्षा ऋतु की बढी हुई आर्द्रता इसके सवेद्य तापमान (sensible temperature) गरम एव शुष्क ऋतु के तापमान की अपेक्षा ऊँचा कर सकती है, अत· अनेक स्थानो मे वर्षा ऋतु वर्ष का सर्वाधिक अरुचिकर (disagreeable) समय होती है।

जीवन पर प्रभाव (Effects on life)—इस प्रदेश का उच्च तापमान और इसके मध्य भाग की प्रचुर वर्षा वनस्पति के प्रचुर विकास के अनुकूल है। आमेजन की घाटी, मध्य अफ्रीका और मलाया प्रायद्वीप के घने जगल इस प्रदेश के आर्द्र भागो की विशेषता है।

इन जगलो मे पिछडे हुए थोड़े से ही आदिम निवासी (backward natives) रहते है, जो मुख्य रूप मे शिकार, मछली और जगलो से प्राप्त भोजन पर ही अपना

निर्वाह करते हैं। यहां की आर्द्र भूमध्यरेखीय जलवायु, विशेषकर गोरे लोगों के लिए, अस्वास्थ्यकर होती है। उष्णकटिबन्धीय मलेरिया और पीला बुखार जो दोनों ही मच्छरों द्वारा फैलते हैं, सामान्य बीमारियां हैं।

२ व्यापारिक पवन जलवायु (अक्षांश १०° या १५° से २५° या ३०° तक) (Trade wind Climate—Latitude 10° or 15° to 25° or 30°)

पवनें एवं तापमान (Winds and temperature)—व्यापारिक पवन की जलवायु की सबसे अधिक विशिष्टता उन पवनों की स्थिरता होती है जो १६ से ४८ किलोमीटर (१० से ३० मील) प्रति घण्टा के वेग से चलती हैं। स्थिर पवनें तापमान की दशाओं को, विशेषतः महासागरों, छोटे द्वीपों और पवनाभिमुख तटों के ऊपर, लगभग एकसा बना देती हैं। इस जलवायु के वार्षिक एवं दैनिक दोनों ही तापमानों के परिवर्तन, भूमध्यरेखीय पटी की अपेक्षा ऊँचे होते हैं। जिन निचले स्थलों पर व्यापारिक पवनें चलती हैं वे शुष्क हो जाया करते हैं। दिन में वे शीघ्रता से गरम और रात्रि में शीघ्रता से ठण्डे हो जाया करते हैं, तथा उनके स्थानों में दैनिक तापान्तर ५० या ६०° फा० का हो जाता है। ३२° फा० तक निम्न तापमान भी मिलते हैं। ये महान दैनिक परिवर्तन, भूमध्यरेखा के समीप समान परिवर्तनों की अपेक्षा कम अनुभव किये जाते हैं, क्योंकि आर्द्रता निम्न होती है। शुष्क वायु अपने तापमान के बड़े परिवर्तनों के साथ भूमध्यरेखीय पटी की वायु की अपेक्षा अधिक स्फूर्तिदायक (invigorating) होती है।

वर्षा (Rainfall)—यद्यपि व्यापारिक पवनें साधारणतः सुखाने वाली (जिनकी आपेक्षिक आर्द्रता निम्न होती है) पवनें होती हैं, तथापि इनमें पर्याप्त जल की वाष्प विद्यमान रहती है और वे ओस के अंक (dew point) तक शीतल होने पर आर्द्रता का त्याग करती हैं। वे निचले स्थलों से ऊपर पर्याप्त शीतल नहीं हो पाती हैं, अतः जब तक व्यापारिक पवनें बहती हैं, वे स्थल शुष्क बने रहते हैं। जहां पर वे पवनें वर्ष भर चलती हैं वहां स्थल मरुस्थल होता है। इसके विपरीत जहां व्यापारिक पवनें उच्च स्थलों के ऊपर बहती हैं वहां वायु ऊपर जाने के लिए बाध्य होने पर शीतल हो जाती है और बादलों का निर्माण होकर वर्षा हो सकती है। इस कारण से व्यापारिक पवन की पेटियों में उच्च स्थलों के पवनाभिमुख पार्श्वों पर वर्षा होने की सम्भावना रहती है और प्रतिवात पार्श्व (leeward sides) शुष्क रहते हैं। इक्वेडोर से उत्तरी चिली तक, एण्डीज का प्रतिवात पार्श्व (पश्चिमी भाग) तटीय मरुस्थल का अद्भुत दृश्य उपस्थित करता है, और ठीक इसी प्रकार की दशा दक्षिण पश्चिमी अफ्रीका के प्रतिवात तट पर मिलती है। महासागर के मध्य भाग में स्थित उच्च स्थलों के वे भाग जो व्यापारिक पवन की ओर के पार्श्व पर होते हैं, वर्षा पाते हैं और उनके विपरीत पार्श्व शुष्क रहते हैं, जैसा कि हवाई द्वीपों के उदाहरण से ज्ञात होता है।

आस्ट्रेलिया में (चित्र ५३३), एक क्रमबद्ध उच्च भूमि पूर्वी तट के निकट, दक्षिणी-पूर्वी व्यापारिक पवनों के मार्ग के ठीक आरपार स्थित है। इस रुकावट के

कारण आस्ट्रेलिया का आन्तरिक मरुस्थल का क्षेत्रफल बढ़ गया है; इस मरुस्थल को कभी-कभी "आस्ट्रेलिया का मृत हृदय" कहकर पुकारते हैं।

व्यापारिक पवनों से वर्षा प्राप्त करने में उच्च स्थलों का महत्त्व इस तथ्य से भी जान पड़ता है कि सहारा में भी स्थानीय ऊँचाइयों पर वर्षा होती है। पर्वतों से कुछ दूरी तक सरिताएँ बहती हैं, किन्तु वे शीघ्र ही सूख जाती हैं अथवा मरुस्थल के रेत में समा जाती हैं।

सामान्यतः व्यापारिक पवनों द्वारा प्रभावित अधिकांश निचले स्थान धूपदार होते हैं, और मरुस्थल प्रायः मेघहीन होते हैं। बादलों का होना मुख्यतः पवनाभिमुख ढालों तक ही सीमित होता है।

व्यापारिक पवनों की पेटियों में वर्षा का समय स्थान-स्थान पर भिन्न-भिन्न होता है। किन्हीं-किन्हीं स्थानों में इसका वितरण वर्ष भर कुछ-कुछ सन्तुलित सा रहता है, जबकि अन्य स्थानों में यह ऋतु के अनुसार होता है। जिन स्थानों में व्यापारिक पवनों से वर्षा होती है, उनमें यदि पवनें वर्ष भर निरन्तर चलती है, जैसे कि व्यापारिक पवन के कटिबन्धों के मध्यवर्ती भागों में, तो उनमे बारी-बारी से आर्द्र एवं शुष्क ऋतुएँ नहीं होती है। व्यापारिक पवन के प्रकार की वर्षा उन अक्षांशों में बदल जाती है जो इतने निम्न है कि भूमध्यरेखीय प्रशान्त (equatorial calms) उन तक पहुँच जाएँ। कुछ स्थानों में व्यापारिक पवनें मानसून पवनों द्वारा बाधा पाती हैं, और जहाँ पर ऐसा होता है वहाँ पर वे मानसून की वर्षा को बदल सकती हैं।

चक्रवात (Cyclones)—व्यापारिक पवन की पेटियों की सामान्य मौसमी दशाएँ कुछ स्थानों में उन उष्णकटिबन्धीय चक्रवातों द्वारा बाधा पाती है, जो भूमध्यरेखीय पेटी के छोरों के आसपास उत्पन्न होते ज्ञात होते है और व्यापारिक पवन के प्रदेश में होकर ऊँचे अक्षांशों की ओर बढ़ते हैं (चित्र ५६१)। वे केवल ग्रीष्मकाल के अन्त और पतझड़ के आरम्भ में आते हैं। वे तापमान के नियमित दैनिक परिवर्तनों में बाधा उपस्थित करते हैं, और अनेक दशाओं में मूसलाधार वर्षा करते हैं।

व्यापारिक पवनें और व्यापार (Trade-winds and commerce)—स्थिर विश्वास के योग्य व्यापारिक पवनें जो महासागरों के पूर्व से पश्चिम तक एक विस्तृत पेटी के ऊपर प्रचलित हैं, उन जहाजों की जलयात्रा के मार्गों के निश्चय में प्राचीन काल से सहायक रही हैं जिनके जाने और आने के जलमार्ग भिन्न-भिन्न थे।

व्यापारिक पवन की जलवायु में जीवन (Life in the trade-wind climate)—चूँकि आर्द्रता की मात्रा कम होती है, अतः भूमध्यरेखीय जलवायु के जंगलों के समान घने जंगल कई एक पर्वतों के केवल पवनाभिमुख पार्श्वों पर ही उगते हैं। व्यापारिक पवनों के प्रदेश में अधिकांश निचले स्थान सूखे होते हैं, सहारा जो संयुक्त राज्य के आकार के दो-तिहाई की अपेक्षा अधिक है। इसका एक उदाहरण है।

परन्तु व्यापारिक पवन के मरुस्थलों के कुछ भागों में जब-तब वर्षा होती है।

कुछ स्थानों में यह वर्षा नियमित रूप में वर्ष की निश्चित ऋतुओं में होती है, और अनुकूल स्थानों में वर्षा अन्न उगाने के लिए पर्याप्त होती है।

३ मानसून जलवायु (Monsoon Climate)

वर्षा (Rainfall)—उस ऋतु में जबकि सूर्य की दोपहर की ऊँचाई अधिक होती है कुछ स्थानों में उष्णकटिबन्धीय मानसून पवनें व्यापारिक पवनों की अपेक्षा अधिक शक्तिशाली हो जाती हैं। मानसून पवनें अपने चलने के समय तक अति स्थिरता से बह सकती हैं।

हम पहले ही देख चुके हैं कि मानसून पवनें दक्षिणी एशिया में पूर्ण रूप से विकास पाती हैं। एशिया के पूर्वी तट पर लगभग ५०° अक्षांश ऊपर तक ग्रीष्मकाल में *महासागर से एक इसी प्रकार की पवन चलती है, जो स्थल को कुछ वर्षा प्रदान* करती है। उत्तरी गोलार्द्ध में अधिकांश स्थानों के लिए ग्रीष्म ऋतु मई से अक्टूबर तक होती है जबकि मानसून प्रकार की पवन समुद्र से स्थल की ओर चलती है। दक्षिणी गोलार्द्ध में, विशेषकर उत्तरी आस्ट्रेलिया में, यह नवम्बर से अप्रैल तक होती है। समुद्र से आने वाली पवन साधारणतः वर्षा लाती है और उच्च पवनों के पवनाभिमुख पार्श्वों पर भारी वर्षा होती है। कुछ थोड़े स्थानों में एक वर्ष में १,००० सेण्टीमीटर से १,२५० सेण्टीमीटर (४०० इंच से ५०० इंच) तक वर्षा होती है। चूंकि यह समस्त वर्षा चार या पाँच महीनों में गिरती है, अतः इसका अर्थ यह हुआ कि वर्षा ऋतु की अवधि में प्रतिदिन ५ से १० सेण्टीमीटर (२ इंच से ४ इंच) तक की दैनिक वर्षा होती है।

भारतीय मानसून एक दक्षिण पश्चिमी पवन है जो हिन्द महासागर और बंगाल की खाड़ी से बहती है। अतः पश्चिमी एवं दक्षिण पश्चिमी ढालों पर अधिक वर्षा होती है जबकि पूर्वी तट पर दक्षिणी पठार और पूर्वी घाटों के प्रतिवात (leeward side) में, जब तक मानसून चलती है कुछ भी वर्षा नहीं होती है। इस तट (पूर्वी घाटों के पूर्व) पर वर्षा तब होती है जब उत्तर-पूर्वी व्यापारिक पवन चलती है। उत्तर-पश्चिमी भारत में, जहाँ मानसून नहीं पहुँचता, एक विशाल मरुस्थल है। अतः भारत के विभिन्न भागों में, अधिकांशतः स्थल की आकृति के साथ पवन की दिशा के सम्बन्ध के फलस्वरूप, विभिन्न प्रकार की वर्षा मिलती है।

जो दशाएँ वर्षा उत्पन्न करती हैं, उनका अर्थ बढ़ी हुई मेघता से होता है, इस कारण वर्षा ऋतु शुष्क ऋतु की अपेक्षा कम उष्ण हो सकती है। आम तौर पर उच्चतम तापमान वर्षा ऋतु के आरम्भ होने के ठीक पहले ही हुआ करता है क्योंकि इस समय में नियमित पवनें अशक्त हो जाती हैं अथवा उनका पूर्णतया अभाव हो जाता है।

उत्तरी आस्ट्रेलिया और पश्चिमी अफ्रीका में गिनी की खाड़ी का उत्तरी तट स्पष्ट रूप से उष्णकटिबन्धीय मानसून जलवायु के अन्तर्गत आता है, किन्तु पश्चिमी

गोलार्द्ध के उष्णकटिबन्धीय स्थलों में कोई प्रसिद्ध मानसूनी भू-भाग नहीं है क्योंकि स्थल एव जल की व्यवस्था उनके विकास के लिए अनुकूल नही है।

जीवन की प्रतिक्रियाएँ (Life responses)—जहाँ तक मानव की आवश्यकताओ का सम्बन्ध है, मानसून प्रदेश वास्तव में जीवन की सुगम परिस्थितियो को प्रदान करते है और उष्णकटिबन्ध की विशालतर जनसंख्या को आश्रय देते है। अकेले भारत में ही लगभग ४४,००,००,००० मनुष्य रहते है, यद्यपि इसका क्षेत्रफल संयुक्त राज्य के क्षेत्रफल के दो-तिहाई से भी कम है।

४. ऊँची उच्चताओं की जलवायु (Climate in High Altitudes)

तापमान पर प्रभाव (Effect on Temperature)—उष्णकटिबन्ध के अधिकांश भाग के लिए विभिन्न ऊँचाइयाँ ऐसे कारण हैं जो तापमान मे महत्त्वपूर्ण परिवर्तन उत्पन्न करती है। इस परिवर्तन का विस्तार इस तथ्य द्वारा प्रकट है कि ४,८०० मीटर (१६,००० फुट) से अधिक ऊँचे उष्णकटिबन्धीय पर्वत वर्फ से ढके रहते है।

मध्यम ऊँचाइयों पर पाये जाने वाले निचले तापमान उष्णकटिबन्धीय पठारो को निचले स्थानो की अपेक्षा अधिक रुचिकर एव स्वास्थ्यप्रद बनाते हैं। उदाहरण के लिए, बोलविया के पठार पर दैनिक तापमान का विस्तार ३२° फा० से ७५° या ८०° फा० तक हो सकता है। उष्णकटिबन्धीय पर्वतो एव पठारो की जलवायु कुछ-कुछ समशीतोष्ण कटिबन्धो की समुद्री जलवायु की भाँति होती है, किन्तु दैनिक तापमान का अन्तर अत्यधिक होता है।

उष्णकटिबन्ध की उच्च ऊँचाइयों की दोनो ही प्रकार की वनस्पति प्राकृतिक रूप से उगने वाली एवं मानव प्रयास से उगायी गयी, कर्क एव मकर के बाहर निचले स्तरो पर पायी जाने वाली वनस्पति से मिलती-जुलती है। ऊँचाई की वृद्धि के साथ ही साथ वनस्पति मे भी एक क्रमिक परिवर्तन मिलता है, निचले भागो पर गन्ना एव चावल जैसी उपजो मे लेकर, मध्यम ऊँचाइयो पर समशीतोष्ण कटिबन्ध के फलो एव शाको की एक पेटी से होकर, अधिक ऊँचाई पर शीतशीतोष्ण तथा आर्कटिक कटिबन्ध के पौधो तक के प्रकार मिलते है, और फिर लगभग ४,८०० मीटर (१६,००० फुट) की ऊँचाई पर निरन्तर गिरते रहने वाली शीन मिलती है। अधिक ऊँचाइयो से मिलने वाली शीन एवं हिम से नीचे के स्थानो के लिए सिचाई के लिए जल की प्राप्ति होती है।

मध्यवर्ती (समशीतोष्ण) कटिबन्धों की जलवायु
(Climate in the Intermediate (Temperate) Zones)

समशीतोष्ण कटिबन्धों का विस्तार (Extent of temperate zones)—उष्णकटिबन्ध के प्रत्येक पार्श्व पर एक मध्यवर्ती (शीतोष्ण) कटिबन्ध स्थित है। अक्षाश द्वारा निर्धारित करने पर उनकी भूमध्यरेखा की ओर की सीमाएँ क्रमश. २३½° उत्तर और दक्षिण की समानान्तर रेखाएँ (कर्क एवं मकर-रेखाएँ) है, और उनकी

ध्रुवो की ओर की सीमाएँ क्रमश ६६½° उत्तर एव दक्षिण ध्रुवीय वत्त है। परन्तु इन सीमाओ को पार करने पर जलवायु मे कोई स्पष्ट परिवतन नही मिलता है।

मध्यवर्ती कटिबन्धो मे पृथ्वी के क्षेत्रफल के आधे मे कुछ अधिक भाग (५२ ७ प्रतिशत) स्थित है। दक्षिणी मध्यवर्ती कटिबन्ध का कुल स्थली क्षेत्रफल केवल १,०२,४०,००० वग किलोमीटर (४०,००,००० वगमील) के लगभग है (चित्र ५८२), और सागर का क्षेत्रफल इसका लगभग १२ गुना बडा है। अत इस कटिबन्ध के अधिक भाग मे समुद्री जलवायु मिलती है। समस्त स्थल का लगभग आधा भाग उत्तरी मध्यवर्ती कटिबन्ध मे है, और वहा पर स्थल का क्षेत्रफल (६,६५,६०,००० वग किलोमीटर अथवा २,६०,००,००० वग मील) जल के क्षेत्रफल के लगभग बराबर है (चित्र ५८३)। उत्तरी अमरीका मे, उत्तरी अलास्का के अतिरिक्त सम्पूण सयुक्त राज्य, कनाडा का अधिकाश भाग और मैक्सिको का कुछ भाग, इस कटिबन्ध मे है। इसी प्रकार लगभग समस्त यूरोप, एशिया का अधिकाश, और उत्तरी अफ्रीका का कुछ भाग भी इसमे है। स्थल के अधिक विस्तार के कारण दक्षिणी गोलार्द्ध की अपेक्षा उत्तरी गोलार्द्ध म महाद्वीपीय जलवायु अधिक व्यापक है। उत्तरी और दक्षिणी मध्यवर्ती कटिबन्धो की जलवायु केवल कुछ मोटी मोटी विशेपताओ मे ही समान है।

Fig 582 Map of South Temperate Zone, showing land and water areas Poleward limit of permanent habitations + + + + + Isotherm of 50° for warmest month —— Poleward limit of cereals, about latitude 45° in South America

सामान्य विशेषताएँ (General Characteristics)

विभेदशीलता (Variability–**विभिन्नता**)– इन कटिबन्धो म अनेक प्रकार की जलवायु पायी जाती है और उसके अन्तर उतने ही ध्यान को खीचने वाले है जितनी कि उसकी समानताएँ होती हैं। विभेदशीलता (विषमता) के ही कारण उसके अन्तर स्पष्ट समझ म आते है। वह (१) तापमान, (२) पवन की दिशा एव वेग, और (३) वर्षा की मात्रा एव वितरण मे भिन्न है। सामान्यत दक्षिणी गोलार्द्ध म उत्तरी गोलार्द्ध की अपेक्षा विषमता कम है।

सूर्य का प्रभाव (Sun influence)—उष्णकटिबन्धीय जलवायु की सापेक्षिक एकरूपता (uniformity) के विपरीत, इन कटिबन्धों में विषमता के दो मूल कारण—(१) वर्ष में सूर्य की ऊँचाई, और (२) दिन एवं रात की लम्बाई—के महान अन्तर होते हैं। इन कटिबन्धों में किसी भी स्थान पर कभी भी सूर्य सिर के ऊपर नहीं आता है, और वर्ष के कम से कम एक भाग में सूर्य दोपहर को शिरोबिन्दु (Zenith) से अनेक अंश दूर रहता है। यही कारण है कि विभिन्न समयों पर प्राप्त ताप की मात्रा में महान अन्तर मिलते हैं, और वर्ष ऐसी ऋतुओं में विभाजित है जिनमें तापमान अति भिन्न-भिन्न होते हैं।

Fig. 583
Map of North Temperate Zone, showing land and water areas. Poleward limit of cereals...... Poleward limit of permanent habitations + + + + + (in Greenland). Isotherm of 50° for warmest month———.

पवन (Winds)—इन कटिबन्धों की प्रचलित पवनें (पछुवा) उष्णकटिबन्ध की व्यापारिक पवनों की अपेक्षा दिशा और वेग में बहुत कम नियमित होती हैं, और वे उन चक्रवातीय तूफानों द्वारा पर्याप्त रूप से विचलित कर दी जाती हैं जो अनेक बार आते हैं और शक्ति में भिन्न होते हैं।

तापमान के अन्तर (Temperature ranges)—उपर्युक्त कारण एक दिन से दूसरे दिन, एक ऋतु से दूसरी ऋतु एवं एक स्थान से दूसरे स्थान के तापमान में बड़ी विभिन्नता उत्पन्न करते हैं। तापमान की महान एवं आकस्मिक विभिन्नताएँ सम-शीतोष्ण (temperate) नाम को इन कटि-बन्धों के लिए विशेष रूप से अनुपयुक्त बनाती हैं। यहाँ का मौसम प्रायः असमशीतोष्ण रहता है। उष्णकटिबन्ध की अवस्थाओं के विपरीत इस जलवायु का सही-सही ज्ञान प्राप्त करने के लिए यहाँ की अनेक वर्षों की जलवायु का अध्ययन करना आवश्यक है। अधिकांश स्थानों में वार्षिक तापान्तर दैनिक तापान्तर की अपेक्षा अत्यधिक होता है।

एक ही अक्षांश में एक स्थान से दूसरे स्थान की दशाएँ दोनों ही प्रकारों

अर्थात तापमान की विभिन्नता तथा अधिकतम ताप एव शीत के अवसरो पर अत्यन्त भिन्न होती है। स्थल के भीतरी भागा मे उच्चतम एव निम्नतम तापमान वष के मध्य साधारणतया सूय की उच्चतम एव निम्नतम मध्याह्न की ऊँचाइया के लगभग एक महीने पश्चात होते है, और उच्चतम एव शीततम महीना के तापमान, मध्य अक्षाशा मे भी (जैसे कि शिकागो), एक दूसरे से ५०° फा० भिन्न हो सकते है। बसन्त एव पतझड के तापमान बहुत कुछ समान होते है। समुद्र के निकट उच्चतम एव निम्नतम तापमान सक्रान्तियो (solstices) के लगभग दो महीने पश्चात होते है, और बसन्त ऋतु पतझड की अपेक्षा अधिक शीतल होती है। अनेक स्थाना मे ग्रीष्म मे अधिकतम तापमान कुछ उष्णकटिबन्धीय स्थानो के तापमान से बढ जाते है। अत मौसम और जलवायु तापमान के सम्बन्ध म पर्याप्त भिन्न है। परन्तु कुछ स्थाना मे, यहा तक कि उच्च अक्षाशो मे भी, औसत वार्षिक अन्तर २०° तक भी नीचा है। अत इस कटिबन्ध मे अक्षाश जलवायु का कोई निश्चित सूचक नही है।

उत्तरी मध्यवर्ती कटिबन्ध (North intermediate zone)—इस कटिबन्ध की दोनो सीमाओ के बीच स्थल का एक विशाल भाग स्थित है, जिसके कारण तापमान मे एक स्पष्ट भिन्नता दिखाई देती है। इस सीमा के बीच कुछ ऐसे उच्चतम एव निम्नतम तापमान मिलते है जिनका पर्याप्त ज्ञान है। जैसे, दक्षिणी *कैलीफोर्निया मे (सैन डीगो—San Diego, समुद्र के निकट)* वार्षिक माध्य तापान्तर १६° की छोटी सख्या से लेकर उत्तरी पश्चिमी कनाडा म ८१° तक की ऊँची मात्रा म मिलता है।

इस कटिबन्ध के उष्णकटिबन्धीय किनारे के समीप ग्रीष्म एव शिशिर की ऋतुएँ कडाके की नही होती हैं, और बसन्त एव पतझड लम्बी होती है। इसके विपरीत (भूमध्यरखीय किनारो के विपरीत), ध्रुववर्ती किनारे की ओर ग्रीष्म और जाडे के बीच महान अन्तर होता है, और इन ऋतुआ के बीच की ऋतुएँ अर्थात बसन्त एव पतझड अपेक्षाकृत छोटी होती है। अत इस कटिबन्ध के विभिन्न भागा मे पौधा के बढन की ऋतु की लम्बाई म अत्यधिक अन्तर होता है जिसका जीवन पर महत्त्वपूर्ण प्रभाव पडता है।

तापमान की विभिन्नताआ के साथ ही साथ वर्षा मे भी पर्याप्त विभिन्नताए मिलती है। इन कटिबन्धो मे ऋतु से सम्बन्ध रखने वाली दो सामान्य वर्षा होती है, जैसे—(१) **समुद्री अथवा जाडे की वर्षा** (Marine or winter type), और (२) **महाद्वीपीय या ग्रीष्म की वर्षा** (Continental or summer type)। सामान्यत पवनाभिमुख तट और द्वीप पहले प्रकार की वर्षा पाते है, जबकि भीतरी और प्रतिवातीय (leeward) तट द्वितीय प्रकार की वर्षा पाते है।

दक्षिणी समशीतोष्ण कटिबन्ध (South temperate zone)—इस कटिबन्ध मे स्थल का विस्तार पर्याप्त सीमित है और उत्तरी कटिबन्ध के उन्ही अक्षाशा की जलवायु की अपेक्षा कम परिवर्तनशील है।

जलवायु के प्रकार
(Types of Climate)

दोनों गोलार्द्धों के मध्यवर्ती कटिबन्धों मे जलवायु के मुख्य प्रकारो के आधार ये है · (१) स्थल एवं जल का वितरण, (२) पवने, और (३) ऊँचाई। सूर्यताप के साथ ये कारक तापमान एवं वर्षा दोनो का ही नियन्त्रण करते है। यहाँ की जलवायु के मुख्य मान्य प्रकार निम्न हैं · (१) **निम्न अक्षांशों में पवनाभिमुख तटों की उप-उष्णकटिबन्धीय जलवायु** (sub-tropical type); (२) **उच्च अक्षांशों में (४०° से ऊपर) पवनाभिमुख तटों पर प्रचलित जलवायु**; (३) **महाद्वीपों के भीतरी भागों में पायी जाने वाली जलवायु**; और अन्तिम (४) **ऊँचाई द्वारा उत्पन्न परिवर्तन**, मुख्यत: (३) के।

१. **निम्न अक्षांशों (४०° से नीचे) पवनाभिमुख तट** (Windward Coasts in Low (Below 40°) Latitudes)

लक्षण और वितरण (Character and distribution—उप-उष्णकटिबन्धीय प्रकार की जलवायु की मुख्य विशेपता यह है कि वहाँ का तापमान मध्यम रहता है तथा वार्षिक विस्तार अति थोड़ा और दैनिक विस्तार अति दीर्घ होता है। इन सम्बन्धों में यह उष्णकटिबन्धीय जलवायु से मिलती है। अधिकांश स्थानो मे वर्षा वास्तव मे हलकी होती है (**चित्र ५३३**) किन्तु जाडो मे अधिकतम होती है। ग्रीष्म ऋतु शुष्क रहती है। जाडों मे अच्छी धूप निकलती है और बादल भी खूब होते है।

इस प्रकार की जलवायु द्वारा प्रभावित तटो के कुछ भाग वारी-वारी से व्यापारिक पवनों, उच्च दवाव की उष्णकटिबन्ध की पेटियो और पछुवा पवनो से प्रभावित होते है। लगभग २५° और ४०° की समानान्तर रेखाओ के बीच महाद्वीपो के पश्चिमी (पवनाभिमुख) तटो और द्वीपो पर इस प्रकार की जलवायु का सर्वोत्तम विकास होता है, और इसका व्यापक विस्तार भूमध्यसागर के चारों ओर, पश्चिम में स्पेन से लेकर इटली और बालकन प्रायद्वीप के दक्षिणी भाग के मध्य से होकर पश्चिमी एशिया तक मे, और अफ्रीका के उत्तरी भाग के ऊपर तक पाया जाता है। भूमध्यसागर के चारो ओर इस प्रकार की जलवायु का विस्तार अति व्यापक होता है। अत इस प्रकार की जलवायु का नाम **'भूमध्यसागरीय जलवायु'** (Mediterranean Climate) पड गया है। उत्तरी अमरीका मे इस प्रकार की जलवायु प्राय. सैनफ्रांसिस्को के दक्षिण मे कैलीफोर्निया के तटीय भाग तक सीमित है। दक्षिणी कैलीफोर्निया की जलवायु इस प्रकार की जलवायु को समझने के लिए ली जा सकती है।

दक्षिणी कैलीफोर्निया (Southern California)—जाडे की ऋतु मे पवनो की पेटी के दक्षिण की ओर खिसक आने के कारण दक्षिणी कैलीफोर्निया पछुवा पवनों के प्रभाव में आ जाता है, और ग्रीष्म ऋतु मे पवनो की पेटी के उत्तर की ओर खिसक जाने के कारण यह देश क्रमश: (१) अत्यधिक निर्बल पछुवा पवन

(२) उष्णकटिबन्ध की उच्च दाब की पेटी, और (३) व्यापारिक पवनों के उत्तरी किनारे, के प्रभाव में आ जाता है।

तापमान (Temperature)—यहा का अक्षांश, उष्णकटिबन्ध के समान उच्च तापमानों की निरन्तरता (continuation) को लम्बी बनने से रोकने के लिए पर्याप्त ऊँचा है। साथ ही साथ समुद्र की निकटता उन ऋतु सम्बन्धी उच्चतम दशाओं को रोकती है जो मध्यवर्ती कटिबन्धो के अन्य भागों की विशेषता है। उन स्थानों में जिनकी ऊँचाइयां कम हैं, बर्फ नहीं गिर पाती, और दैनिक तापमान का अन्तर प्राय औसत वार्षिक तापान्तर में अधिक रहता है। सामान्यत दक्षिणी कैलीफोर्निया का तापमान बहुत कुछ मध्यम ऊँचाइयों पर उष्णकटिबन्धीय स्थलों के तापमान के समान होता है।

कुछ बातों में उप उष्णकटिबन्धीय जलवायु संसार की सर्वोत्तम प्रकार की जलवायु होती है, और इसके वर्णन के समय प्राय यह कहा जाता है कि यहा 'सदैव वसन्त' (perpetual spring) ऋतु रहती है। इन क्षेत्रों की जलवायु बडी ही स्वास्थ्यप्रद होती है, जैसा कि दक्षिणी कैलीफोर्निया की सर्वप्रिय जलवायु से ज्ञात होता है, जहा पर (कैलीफोर्निया में) दक्षिणी फ्रास और उत्तरी इटली के रिवीरिया (Rivıria) के प्रसिद्ध आश्रयों (resorts) की ही भांति छोटे पैमाने पर, पसादेना (Pasadena), रिवरसाइड (Riverside), सैन डीगो (San Diego) और अन्य नगर स्थापित किये गये हैं। धूपयुक्त आकाश (सैन डीगो के लिए ६८ प्रतिशत) इन स्थानों को सर्वप्रिय (popular) बनाने में बहुत सहायता पहुँचाता है, विशेषकर जाडो में। शुष्क ग्रीष्म ऋतु के पसन्द न आने के कारण (१) गर्मी, (२) वनस्पति का सूख जाना और (३) कुहरा एवं धूल आदि हो सकते हैं। शुष्क ऋतु में स्थान-स्थान पर कुहरे इतने व्यापक होते हैं कि उस समय कम से कम धूप होती है।

सैन डीगो का निम्नतम तापमान ३२° फा० तक और उच्चतम तापमान १०१° फा० रहता है। इस प्रकार की विभिन्नताएँ उन उष्णकटिबन्धीय स्थानों की विशेषताएँ होती हैं जहा औसत वार्षिक तापान्तर १५° या २०° से अधिक नही होता है। स्थल के भीतरी भाग अधिक औसत तापान्तर और पर्याप्त स्पष्ट उच्चतम दशाओं को प्रकट करते हैं क्योंकि वे समुद्र से दूर हैं। उनके अधिकतम माध्य तापमान ऊँचे और निम्नतम माध्य तापमान नीचे हैं, तथा उच्च एवं निम्न दोनों ही प्रकार के तापमान बार बार होते रहते हैं।

वर्षा (Rainfall)—दक्षिणी कैलीफोर्निया में भी, उसी की ही दशा वाले अन्य अधिकांश स्थानों की ही तरह (चित्र ५८४), अवक्षेपण की मात्रा कम है। यह मात्रा जाडो में स्पष्ट रूप से अधिकतम होती है। ग्रीष्म ऋतु प्राय समय विशेष पर वर्षाहीन होती है और यह समय एक स्थान से दूसरे स्थान तक पर्याप्त बदल जाता है। कैलीफोर्निया की भीतरी घाटी निरन्तर सूखी रहती है क्योंकि वर्षा ऋतु में भी तटीय पर्वत श्रेणियां महासागर से आती हुई पवनों की नमी को ले लेती हैं। शुष्कता के कारण घाटी का दैनिक तापान्तर बढ जाता है।

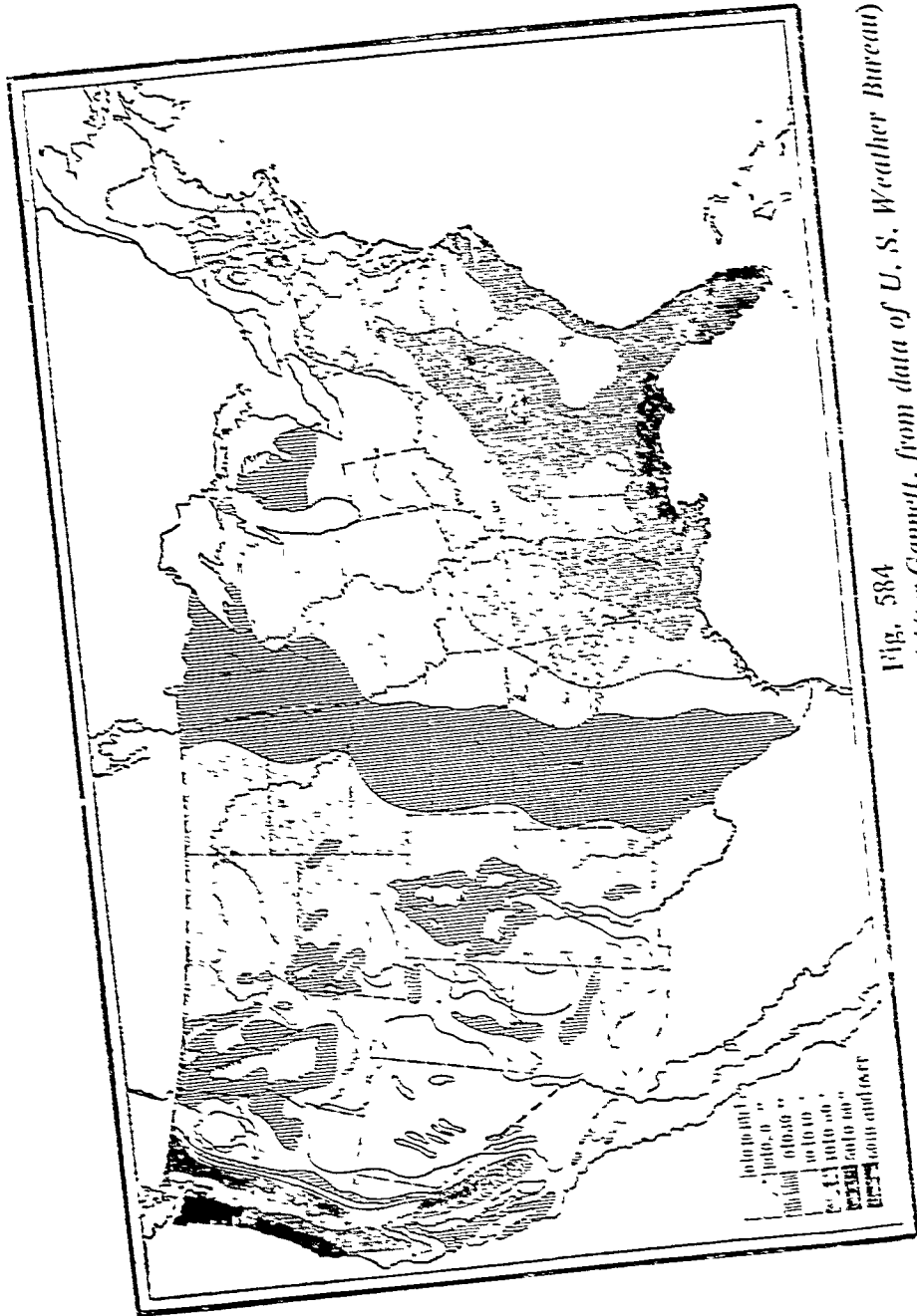



Fig. 584

Mean annual rainfall in the United States. *(After Gannett, from data of U. S. Weather Bureau)*

वनस्पति जीवन (Plant life)—शुष्क ऋतु म यदि सिंचाई न हो तो वनस्पति सूख जाती है। दक्षिणी कैलीफार्निया, दक्षिणी यूरोप, पश्चिमी एशिया एव उत्तरी अमरीका के अनुकूल भागो म जहा जल मिल सकता है वहा अनुकूल तापमान के कारण विस्तृत सिंचाई की जाती है, किन्तु इन अक्षाशो की अनेक फसलें वर्षा ऋतु मे उगायी जाती है और वसन्त के अन्त अथवा ग्रीष्म के आरम्भ म काट ली जाती है।

२ ४०° से ऊपर के अक्षाशो के पवनाभिमुख तट, समुद्री जलवायु (Windward Coasts in Latitudes above 40°, Marine Climate)

स्थिति (Location)—इस कटिबन्ध मे समुद्री प्रकार की जलवायु महासागरो से स्थलो की ओर बहने वाली प्रचलित पछुवा पवनो द्वारा नियन्त्रित रहती है। जलवायु शीतल, आद्र एव वर्षायुक्त है। इस क्षेत्र म निचले अक्षाशो की उप उष्णकटिबन्धीय प्रकार की जलवायु (भूमध्यसागरीय जलवायु) म क्रमिक परिवर्तन होता है और कुछ बातो म दोनो ही प्रकारो की जलवायु बहुत भिन्न नही है।

इस जलवायु का सर्वोत्तम विकास पश्चिमी गोलार्द्ध मे (१) चिली म, ४०° अक्षाश के दक्षिण, और (२) सैनफ्रासिस्को स उत्तरी ध्रुवीय वृत्त (North Arctic Circle) तक, तट के साथ साथ होता है। ऐसी जलवायु नीची तटीय श्रेणियो के पूर्व म पर्याप्त बदल जाती है।

पूर्वी गोलार्द्ध म स्थित अफ्रीका और आस्ट्रेलिया इन अक्षाशो म नही आते, किन्तु तस्मानिया का कुछ भाग और न्यूजीलण्ड के अधिकाश भाग को यह जलवायु प्रभावित करती है। यह यूरोप के पश्चिमी तट को फ्रास से लेकर आर्कटिक वृत्त तक प्रभावित करती है, और तट के भीतर दूर तक भी विस्तृत है क्योकि तट पर कोई ऐसी अटूट पर्वत श्रेणी उत्तर से दक्षिण की दिशा म नही फैली हुई है जो पछुवा पवनो की नमी को ले ले। यूरोप के तट के समीप समुद्री दशाओ से, तट से दूर महाद्वीपीय दशाओ का परिवर्तन अति मन्द है। तट से पूर्व की ओर वार्षिक वर्षा क्रमश कम होती जाती है, जाडो की अधिकतम वर्षा का स्थान बसन्त और ग्रीष्म की अधिकतम वर्षा ग्रहण करती जाती है, और तापमान के विस्तार एव चरमताए (extremes) अधिक स्पष्ट होने लगती हैं। उत्तरी अटलाण्टिक महासागर के मध्यवर्ती एव पूर्वी भागो के सापेक्षित उच्च तापमान के कारण पश्चिमी यूरोप की जलवायु पर पछुवा पवनो का मन्द मन्द प्रभाव बढ जाता है।

तापमान (Temperature)—अन्य स्थानो मे उन्ही अक्षाशो की अपेक्षा तापमान की विभिन्नताएँ कम हैं। उदाहरण के लिए, सिक्ता (Sikta), अलास्का, ५७° अक्षाश का औसत वार्षिक तापान्तर केवल २५° है जो उष्णकटिबन्ध के कुछ भागो म पाये जाने वाले तापान्तरो से शायद ही अधिक होता है और फैरो (Faroe) द्वीपो मे ६२° अक्षाश पर स्थित थौरशेविन (Thorshaven) स्थान का तापान्तर केवल १४ २° ही है। इस सम्बन्ध मे, इस प्रकार की जलवायु उप

उष्णकटिबन्धीय (sub-tropical) प्रकार की जलवायु से मिलती-जुलती है, यद्यपि वास्तविक तापमान नीचे होते हैं। यह मध्यवर्ती कटिबन्ध की सर्वाधिक **समशीतोष्ण** जलवायु है।

जिन प्रदेशों में समुद्री जलवायु होती है, वहाँ पर जाड़े मृदु (mild) और ग्रीष्म शीतल होती हैं, और उनके औसत वार्षिक तापमान उसी अक्षांश में अन्य प्रदेशों के तापमानों की अपेक्षा ऊँचे होते हैं। आयरलैण्ड सम्भवतः इस दशा का सर्वोत्तम उदाहरण है, जो अपने ५५° अक्षांश के लिए सामान्य की अपेक्षा ३०° या ४०° अधिक गरम (वार्षिक औसत) है।

वर्षा एवं आर्द्रता (Rainfall and humidity)—जिन स्थानों में पछुवा पवनें पूर्ण रूप से पहुँच पाती हैं, वहाँ जाड़े की ऋतु में जब स्थल समुद्र की अपेक्षा अधिक शीतल रहता है, अधिक वर्षा होती है। ग्रीष्म ऋतु में निचले स्थल महासागर की अपेक्षा अधिक ओष्ण (warm) रहते हैं और थोड़ी सी वर्षा पाते हैं, यद्यपि शुष्क ऋतु निचले अक्षांशों की अपेक्षा अति छोटी होती है। मध्यवर्ती कटिबन्ध में पश्चिमी पर्वतीय तटों पर भारी वर्षा, उच्च आर्द्रता और अधिक बदली (cloudiness) वर्ष भर मिलती है। कुछ स्थानों में कुहरा प्रायः प्रतिदिन होता है, अलास्का तट जैसे कई एक ऐसे स्थान हैं जहाँ वे निरन्तर कई सप्ताहों तक बने रहते हैं। वाष्पीकरण अत्यन्त नीचा रहता है। यद्यपि अधिकतम अवक्षेपण जाडों में होता है, तथापि उच्च उच्चताओं के अतिरिक्त, वह हिम के रूप में नहीं होता है। समुद्री जलवायु घने जंगलों की उपज के लिए अनुकूल होती है। उत्तरी-पश्चिमी संयुक्त राज्य में उसके उत्तम उदाहरण मिलते हैं।

३. महाद्वीपीय जलवायु (Continental Climate)

प्रभावित प्रदेश (Regions affected)—इस प्रकार की जलवायु, जैसा कि इसके नाम से प्रकट है, पवनाभिमुख तटों से भीतर की ओर भीतरी भागों में मिलती है, किन्तु इसकी दूरी निश्चित नहीं है। हमने देखा है कि समुद्री जलवायु यूरोप के पश्चिमी तट से भीतर दूर तक फैली हुई है, क्योंकि तट के समीप कोई ऊँचे पर्वत नहीं हैं और अमरीका के पश्चिमी तट से यह केवल एक थोड़ी सी ही दूरी तक विस्तृत है, क्योंकि उसके निकट उच्च पर्वत स्थित हैं।

दक्षिणी समशीतोष्ण कटिबन्ध में महाद्वीपीय जलवायु केवल दक्षिणी अर्जेण्टाइना में पायी जाती है। इसके विपरीत, उत्तरी अमरीका और यूरेशिया वास्तव में उच्च अक्षांशों में चौड़े हैं (**चित्र ५८३**), और इस कारण विस्तृत क्षेत्रों में वहाँ महाद्वीपीय जलवायु मिलती है। उत्तरी अमरीका में, पश्चिमी तट की समुद्री जलवायु और अन्तिम पश्चिमी उच्च पर्वतों के पूर्व की महाद्वीपीय जलवायु के बीच एक तीव्र व्यतिरेक (contrast—अन्तर) मिलता है। महाद्वीपीय जलवायु संयुक्त राज्य और कनाडा के अधिकांश भाग को प्रभावित करती है। यूरेशिया में पहले कही गयी परिस्थितियों के कारण पश्चिमी यूरोप की समुद्री जलवायु क्रमशः महाद्वीपीय

जनवायु मे बदल जाती है जो रूस और उसके पूर्व न स्थलो को प्रभावित करती है।

तापमान (Temperature)—महाद्वीपीय जलवायु की एक मुख्य विशेषता यह है कि वहा पर के तापमान अपनी चरम सीमाओ तक पहुँचा करते ह। इन सीमाओ का कारण यह है कि जल की अपेक्षा स्थल अत्यधिक शीघ्रता से ऊष्मा का शोषण एव विकिरण (radiation) करता है। जाडे शीतल होते है, और अक्षाश एव समुद्र से पवनाभिमुख की ओर बढती हुई दूरी के साथ शीत बढता जाता है। उत्तरी अमरीका म ४५° अक्षाश पर निम्नतम तापमान —३०° फा० के लगभग है और कटिबन्ध की उत्तरी सीमा के निकट व —६०° या इससे भी कम अश पर पहुँच जात है। उत्तरी पूर्वी एशिया म एक विशाल क्षेत्रफल, महासागर से अति दूर पवनाभिमुख की ओर, जाडो म अत्यन्त निम्न तापमान रखता है। सयुक्त राज्य के अत्यन्त उत्तरी भाग मे, और ऊँचे पर्वतो पर (वहा भी केवल कभी कभी ही), के अतिरिक्त तापमान ४०° तक कभी नही गिरता है। किन्तु, गल्फ-प्रदेश को छोडकर, प्रशान्त तट के पूर्व कोई भी ऐसा विशाल क्षेत्र नही है जहा वर्ष प्रति हिमाक के १०° से २०° तक नीचे तापमान न होते हो।

ग्रीष्म ऋतु उष्ण होती है। जुलाई के ६०° के तापमान कटिबन्ध (मध्यवर्ती) की उत्तरी सीमा के परे तक भी पाये जाते है, यहा तक कि ८०° और ६०° तक के अधिकतम तापमान आर्कटिक वृत्त (Arctic Circle) के निकट तक पाये जाते है। कटिबन्ध के दक्षिणी भाग मे ग्रीष्म के तापमान उष्णकटिबन्धीय तापमानो के समान होते हैं।

उत्तरी मध्यवर्ती कटिबन्ध के विशेषकर उत्तरी भाग मे वार्षिक तापान्तर अति विशाल होते ह। उत्तर-पश्चिमी कनाडा म वर्ष के निम्नतम एव उच्चतम तापमानो के बीच का अन्तर १५०° फा० तक, और उत्तर पूर्वी एशिया मे १८०° फा० तक ज्ञात ह। निचले अक्षाशो म चरमताएँ (extremes) इतनी विशाल नही ह, जाडे हलके (mild) होते है और गरमी की ऋतु यद्यपि लम्बी होती है किन्तु अधिक ओष्ण (warm) नही होती। सयुक्त राज्य के दक्षिणी राज्यो म केवल थोडा सा ही क्षेत्रफल ऐसा है जहा पर कभी ही १००° से ऊपर तापमान जाता है, कटिबन्ध के अधिकाश भागो मे अधिकतम माध्य तापमान ६०° स कम रहता है, अथवा आर्कटिक वृत्त के समीप समय समय पर नापे गये तापमानो की अपेक्षा ऊँचे नही है।

चक्रवातीय प्रभाव (Cyclonic influence)—महाद्वीपीय जलवायु की दूसरी प्रसिद्ध विशेषता दिन प्रतिदिन के मौसम की विषमता (variability) होती है। चक्रवात एव प्रतिचक्रवात प्राय प्रचलित पछुवा पवनो के मार्ग म बाधा उपस्थित करते ह, इस कारण स्वच्छ ग्रीष्म का मौसम ठण्डा हो जाता है अथवा जाडे के दिनो मे कडाके का जाडा पडने लगता है, सूखे दिनो मे बादल छा जात है, अथवा गर्मी के दिनो मे घोर गरमी बढ जाती है, अथवा जाडे के दिनो मे सरदी कम हो जाती है

आर्द्र दिनों मे परिवर्तन हो उठते है, अथवा बार-बार आने वाले तूफानो (storms) के कारण एक या दो ही दिनों मे पवने चारो ओर से चलने लगती है, और प्रत्येक पवन अपने साथ अपनी विशेष मौसमी दशाओ को ले आती है। जाड़ो में प्रतिचक्रवात की उत्तरी पवनें कटिबन्ध के लगभग दक्षिणी किनारे तक हिमांक तापमानों को ले आती हैं। इसके विपरीत, दक्षिणी पवनें ओष्ण (warm) पवनों को उच्च अक्षाशो तक ले आती है, और वे मध्य जाड़ो मे भी अस्थायी रूप से ग्रीष्म ऋतु के समान तापमान उत्पन्न कर सकती है; यह परिवर्तन न्यूयार्क एवं शिकागो जैसे उत्तरी नगरो तक भी पहुँच जाता है।

वर्षा (Rainfall)—महाद्वीपीय जलवायु का एक तीसरा महत्त्वपूर्ण तत्त्व उसकी वर्षा है, जो पर्याप्त परिवर्तनशील होती है; किन्तु सामान्यत: वह या तो मध्यम होती है या कम (scanty) (**चित्र ५३३ और ५८४**)। एक वर्ष मे १०० सेण्टीमीटर (४० इच) से अधिक वर्षा कही भी नही होती है, और अधिकाश वर्षा वसन्त तथा ग्रीष्म मे ही होती है। यह बात महत्त्वपूर्ण है कि अधिकतम वर्षा उस समय होती है जबकि तापमान पौधो के विकास के लिए अनुकूल होना है।

यूरेशिया महाद्वीप एक ऐसा महाद्वीप है जो यह प्रकट करता है कि वर्षा पर पवनाभिमुख तट से दूरी का प्रभाव पड़ा करता है। ब्रिटिश द्वीपो के पश्चिमी ढालों पर वार्षिक वर्षा २०० सेण्टीमीटर (८० इच) अथवा इससे अधिक होती है; जर्मनी और पश्चिमी रूस मे ५० सेण्टीमीटर (२० इच) से ७५ सेण्टीमीटर (३० इच) तक वर्षा होती है: पूर्वी रूस और पश्चिमी साइबेरिया मे ३५ सेण्टीमीटर और ५० सेण्टीमीटर (१५ और २० इच) के बीच वर्षा होती है, जबकि मध्य एव पूर्वी साइबेरिया के विशाल क्षेत्रो मे वह २५ सेण्टीमीटर (१० इच) से भी कम होती है।

शुष्क एवं आर्द्र भीतरी भाग (Arid and humid interiors)—वर्षा के आधार पर महाद्वीपीय जलवायु के दो प्रधान उप-विभाग (sub-divisions) है—एक आर्द्र, और दूसरा शुष्क। ये प्रकार वहाँ पर एक-दूसरे से मिल जाते है जहाँ जलवायु **अर्द्ध-शुष्क** (semi-arid) है। जगल आर्द्र जलवायु की विशेषता है, किन्तु जहाँ जलवायु अर्द्ध-शुष्क है वहाँ जगलो के स्थान मे घास के मैदान है, तथा जहाँ वर्षा बहुत ही कम होती है वहाँ मरुस्थल है। एक सामान्य रूप मे महासागर से पवनाभिमुख की ओर बढती हुई दूरी के साथ आर्द्रता घटती जाती है, किन्तु स्थल की आकृति एवं चक्रवातीय तूफान इस सामान्य सम्बन्ध को बदल देते है। महाद्वीपीय जलवायु मे ऊँचाई भी एक महत्त्वपूर्ण कारक होती है, विशेषत शुष्क प्रदेशो मे, क्योकि पठार अवक्षेपण को बढा देते है।

केवल कुछ मन्द आपरिवर्तन (modification) के साथ महाद्वीपीय जलवायु पूर्व की ओर महासागरो तक विस्तृत है। पूर्वी समुद्र-तट के निकट तापमानो के अन्तर कुछ कम है और वर्षा कुछ अधिक होती है (**चित्र ५३३**)।

सयुक्त राज्य मे महाद्वीपीय जलवायु (Continental Climates in the United States)

सयुक्त राज्य के भीतरी भाग को निम्न भागो म विभाजित किया जा सकता है—(१) **शुष्क प्रदेश (चित्र ५८४)**, मुख्यत पश्चिम म सियरा नेवादा और कासकेड पर्वतो तथा पूर्व मे राकी पर्वता के बीच का भाग, (२) राकी पर्वता तथा ९८° स १००° देशान्तरो के बीच **अर्द्ध शुष्क प्रदेश**, और (३) आर्द्र प्रदेश, जो और भी अधिक पूर्व की ओर है। इन सभी प्रदेशो म ऊष्मा एव शीत अपनी चरम अवस्था (extreme) पर होते हैं। यहा के चक्रवातो और प्रतिचक्रवातो के कारण य प्रदेश दिन प्रतिदिन तापमान एव आर्द्रता के महान परिवर्तनो को भी उपस्थित करते है। तीनो ही प्रदेशो म वर्षा की मात्रा के अन्तर के कारण जीवन की दशाएँ भी भिन्न है।

(१) **शुष्क प्रदेश** (Arid Region)—शुष्क प्रदेश का पश्चिमी किनारा पश्चिमी तट के समीप है, क्योकि उच्च पवन (सियरा और कासकेड) उस अधिकाश आर्द्रता को रोक लेत है जो उनकी गैरहाजिरी मे पछुवा पवनो द्वारा भीतरी स्थलो तक पहुँचायी जा सकती है। शुष्क पटी मे औसत वार्षिक वर्षा ३५ सण्टीमीटर (१८ इच), और विशाल क्षेत्रो के ऊपर २५ सण्टीमीटर (१० इच) से कम है (**चित्र ५३३**)। धूप वर्ष भर चमकती है, आपेक्षिक आर्द्रता कम है, और वाष्पीकरण ऊँचा है। चाहे दिन भले ही गरम रहे, रातें साधारणतया शीतल होती हैं किन्तु आर्द्रता इतनी कम होती है कि सवेद्य तापमान (sensible temperature—सेंय तापमान) बहुत ऊँचे नही हो पाते है। जहा तक आराम का प्रश्न है, शुष्क प्रदेश का तापमान रुचिकर है।

(२) **अर्द्ध शुष्क प्रदेश** (The semi arid region)—अर्द्ध शुष्क प्रदेश (**चित्र ५८४**) म वार्षिक वर्षा ३५ सेण्टीमीटर और ५० सण्टीमीटर (१५ और २० इच) के बीच मे होती है, और वह अधिकाश मे बसन्त और ग्रीष्म ऋतु म होती है। यहा उच्च पर्वतो का अभाव है, अत ऊँचाई के परिणामस्वरूप अवक्षेपण म विशेष वृद्धि नही होती है, और जगलो का साधारणतया अभाव ही है। प्रदेश धूपदार है, और तापमान गरमी म उच्च तथा जाडो म नीचा रहता है। किन्तु वायु की शुष्कता चरमताओ क सवेद्य प्रभाव (the sensible effects of the extremes) को मध्यम बना देती है। दैनिक तापान्तर अधिक है। देश का खुला हुआ स्वरूप (देश का पहाडो आदि स विशेष रूप म घिरा न होना) वायुमण्डल की स्वतन्त्र गति के अनुकूल है, और मध्यम से उच्च वेग तक की उचित मात्रा की स्थायी पवनें प्रदेश क अधिकाश भागो की विशेषता है।

(३) **आर्द्र प्रदेश** (The humid region)—अर्द्ध शुष्क प्रदेश पूर्व की ओर बढते-बढते क्रमश आर्द्र प्रदेश म मिल जाता है (**चित्र ५८४**)। दोनो प्रदेशो के तापमान असमान नही है, किन्तु आर्द्र प्रदेश म बदली (cloudiness) एव आर्द्रता अधिक है और वाष्पीकरण कम होता है, अत सवेद्य तापमान (sensible tempe

ratures) ग्रीष्म मे उच्च तथा जाड़ों मे नीचे रहते है। अवक्षेपण शायद ही कभी इतना नीचा होता है कि वह वर्ष मे ५० सेण्टीमीटर (२० इंच) हो जाए। अधिकांश अवक्षेपण ग्रीष्म ऋतु मे होता है। जिन फसलो के लिए सिंचाई की आवश्यकता नही होती, उनके लिए आवश्यक वर्षा की मात्रा अक्षाश के साथ बदलती है। डाकोटा की अपेक्षा ओकलेहामा मे अधिक वर्षा की आवश्यकता होती है क्योकि प्रथम (डाकोटा) का उच्च तापमान अधिक वाष्पीकरण का कारण बन जाता है। इस प्रदेश के पश्चिमी भाग में नदियो के नितलो (bottoms) मे वृक्ष उगते है। पूर्व की ओर वे अधिक मात्रा मे होते है। विशाल क्षेत्रो के ऊपर जगल मिलते है (अथवा किसी समय में थे)। पूरे आर्द्र प्रदेश मे बोयी गयी फसलो के लिए, केवल असामान्य शुष्क वर्षो को छोड़कर, वर्षा काफी हो जाती है।

इस कटिबन्ध के प्रायः सभी अक्षांशो मे पूर्वी तटो के समीप के स्थल, सागर-समीर के लाभदायक प्रभावो का अनुभव करते है। ऊँचे अक्षांशो मे महासागर तटीय स्थलो के तापमान को, मुख्यतः ग्रीष्म मे तापमान के गिराव द्वारा, जो पूर्व से बार-बार चलने वाली पवनों (सागर-समीरो एवं चक्रवातीय पवनो) के कारण होता है, प्रभावित करता है। उदाहरण के लिए, लेब्रोडोर (Labrador) का जुलाई का माध्य विनीपेग झील के उत्तरी सिरे पर की अपेक्षा १३° या १४° नीचा होता है।

संयुक्त राज्य के पूर्वी तट पर जो कारण तापमान को नीचा करने मे सहायता करते है और वर्षा को बढाते है, वे ही कारण बदली एव कुहरे की भी वृद्धि करते है। जिन स्थानो पर समुद्र का पर्याप्त प्रभाव होता है (जैसे न्यूफाउण्डलैण्ड) वहाँ पर पश्चिमी तटो की समुद्री जलवायु की भाँति आर्द्रता, बदली और कुहरे की दशाएँ व्याप्त है। अतः तट के निकट महाद्वीपीय जलवायु कुछ बदली हुई होती है, किन्तु पूर्व की ओर स्थित सागर के प्रभाव भीतरी भागो मे दूर तक विस्तृत नही है।

इस देश के भीतरी भाग मे सम्पूर्ण आर्द्र भाग वसन्त के अन्त और पतझड़ के आरम्भ मे अचानक ही पड जाने वाले तुषार (frost) के लिए खुला हुआ है, और दोनो ही दशाओ मे फसलो को पर्याप्त हानि पहुँच सकती है। इसका दक्षिण-पश्चिमी भाग दक्षिण से आने वाली उष्ण पवनो के लिए खुला हुआ है, जो अपवाद-पूर्ण परिस्थितियो मे वनस्पति को सुखा देती है और उसको नष्ट कर देती है। सूखा पड़ जाना साधारण घटना है, परन्तु मानसूनी देशो की अपेक्षा कम होते है और कम व्यापक है। प्राय प्रत्येक वर्ष संयुक्त राज्य के आर्द्र भाग का कोई न कोई हिस्सा वर्षा के अभाव से पीडित रहता है, किन्तु भीषण सूखा (अनावृष्टि) से शायद ही कोई विशाल भाग, अथवा बार-बार वही भाग, प्रभावित होता है। इसके विपरीत, भारत के समान मानसूनी देशो मे एक ही समय मे कोई विशाल भू-भाग अनावृष्टि मे पीड़ित हो सकता है, और एक ही भू-भाग की निरन्तर कई वर्षो तक भी यही दशा हो सकती है। जलवायु की चरम अवस्था (extreme) के होते हुए भी मध्य एवं पूर्वी संयुक्त राज्य, अधिकांशत. इसकी विश्वास के योग्य वर्षा के ही कारण,

एक अति अनुकूल कृषि प्रदेश है। जलवायु की दृष्टि से इसे किसी भी विशाल दश की सवश्रेष्ठ स्थिति प्राप्त है।

४ **पवतीय जलवायु** (Mountain Climates)

तापमान (Temperature)—तापमान पर ऊँचाई का प्रभाव इस तथ्य द्वारा प्रकट है कि पेंसिलवेनिया के पठारी भागा म, ४०° से ४२° अक्षाश के भीतर, ६०० मीटर (२,००० फुट) की ऊँचाई पर अनाज के पकन का विश्वास नही किया जा सकता है। पश्चिम के सूखे भागा मे जो ओष्ण (warm) और धूपदार है, सिंचाई द्वारा पर्याप्त ऊँचाइयो पर भी (ग्रेट साल्ट लक के चारा ओर १,२०० मीटर अथवा ४,००० फुट की ऊँचाई पर) अनाज पक जाएगा। सयुक्त राज्य म वृक्ष सीमा (timber line—वृक्षा की ऊपरी सीमा) दक्षिण म लगभग ३,३०० मीटर (११,००० फुट) की ऊँचाई से लेकर उत्तर म २,१०० मीटर या २,४०० मीटर (७,००० या ८,००० फुट) तक के बीच मे मिलती है, और जिस स्तर पर अधिकाश समय हिम रहती ह वह इन सीमाआ से अधिक ऊपर नही है। जहा तक कृषि का प्रश्न है, *समशीतोष्ण कटिबन्ध के ऊँचे भू भाग कृषि क लिए अयोग्य है।*

अवक्षेपण (Precipitation)—समशीतोष्ण कटिबन्ध म वषा के ऊपर ऊँचाई का वही प्रभाव होना है जैसा कि अन्य स्थाना म हुआ करता है। ऊचाई अवक्षेपण की मात्रा को बढा देती है और शीत के रूप म गिरन वाला अवक्षेपण का अनुपात बढ जाता है, उदाहरण क लिए, लगभग ३० मीटर (१०० फुट) की ऊँचाई पर, बाल्टीमोर के वार्षिक हिमपात का आसत लगभग ६० सेण्टीमीटर (२४ इच) है, जबकि ग्राण्टसविले, एम डी (Grantsville, Md), की १,०२० मीटर (३,४०० फुट) की ऊँचाई पर १७५ सेण्टीमीटर (७१ इच) है। सैक्रेमण्टो, कल० (Sacramento, Cal) क पूव मे दक्षिणी पसफिक रलमाग द्वारा पार किय जाने वाले दर्रे का शीष (summit) (जिसकी ऊँचाई २,१०६ मीटर अथवा ७,०१७ फुट है) का औसत हिमपात प्रति वप १,०८५ सेण्टीमीटर (४३३ इच) है, जबकि पश्चिम का ओर निचली भूमि पर सैक्रेमण्टो म प्रति वप हिम का केवल एक चिह्न ही मिलता है।

जाड का हिमपात अनक नदिया के बहाव म एक महत्त्वपूण साधन होता है। कुछ दशाआ म जाडे एव बसन्त की विनाशकारी बाढें इसी हिमपात के ही कारण आती है, और अन्य दशाआ म पिघलती हुई हिम का जल (१) जल-विद्युत के विकास, (२) नाव चलान के लिए पर्याप्त गहरे जल को बनाय रखन, और (३) सिंचाई म पूण सहायक होता है। जाडा का भारी हिमपात और हिम स्खलन (snowslides) उन रलमार्गा के लिए गम्भीर समस्या उत्पन्न करते है जो या तो ऊँचाइया पर है या पवतो क आधारा पर है। पवतो की गोदी मे स्थित खाना (mines) के आसपास हिम का खिसकना एक भयावनी वस्तु है क्याकि उसन अनेक पहाडी गावो का विनाश किया है।

तापमान एव वर्षा की पर्वतीय दशाएँ उन जंगलो के अनुकूल होती है जो उन ऊँचाइयों से भी पर्याप्त अधिक ऊँचाइयो पर उगते है जिन पर फसले नही उग पाती। शुष्क प्रदेशो मे भी कुछ क्षेत्र १,५०० मीटर (५,००० फुट) की ऊँचाई से लेकर १,८०० मीटर (६,००० फुट) की ऊँचाई तक इतनी पर्याप्त वर्षा पा जाते है कि वहाँ पर व्यापारिक महत्त्व के जगल पनप जाते है।

ध्रुवीय क्षेत्रों की जलवायु
(Climate of Polar Regions)

सामान्य विचार (General Consideration)

ध्रुवीय प्रदेशों का विस्तार (Extent of polar regions)—ध्रुवीय प्रदेशों की सीमाएँ साधारणतया आर्कटिक तथा एण्टार्कटिक वृत्तो (उत्तर ध्रुवीय तथा दक्षिण ध्रुवीय वृत्तो) पर आधारित है (**चित्र ५८५**); किन्तु कभी-कभी वे भूमध्यरेखा की

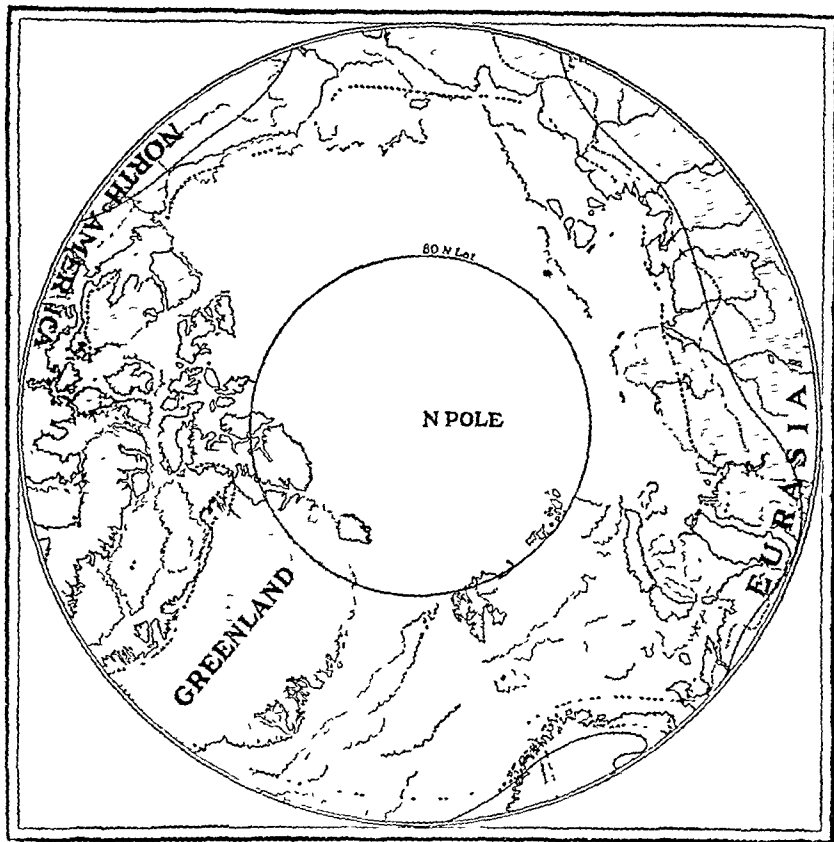



Fig. 585
Map of North Polar Zone, showing land and water areas. Poleward limit of growth of cereals..... ... Poleward limit of growth of forest trees - - - - - - . Poleward limit of permanent habitations + + + + + Isotherm of 50° for warmest month.

ओर ओष्णतम (warmest) महीने मे ५०° की उस समताप रेखा के द्वारा सीमित माने जाते है जो वृक्षा तथा अन्ना के उगने की लगभग सीमा को अंकित करती है (चित्र ५७८)। अक्षाश के विचार मे प्रदेशो का क्षेत्रफल पृथ्वी के क्षेत्रफल का लगभग १२वा भाग है।

ध्रुवीय जलवायु की सामान्य विशेषताएँ (General features of polar climate)—प्रति वर्ष एक बार सभी ध्रुवीय प्रदेशो मे सूर्य समान रूप से क्षितिज से ऊपर निरन्तर चौबीस घण्टे से अधिक समय तक दिखाई पडता है और एक उतनी ही अवधि तक के लिए क्षितिज से नीचे भी रहता है। इन कटिबन्धों के किनारो के समीप सूर्य के अखण्ड प्रकाश की सबसे अधिक लम्बी अवधि केवल कुछ ही दिनो (प्रत्येक दिन २४ घण्टे) की होती है, किन्तु ध्रुव की ओर वह समय, जिसमे सूर्य अस्त नही होता है, बढता जाता है, और ध्रुवो पर दिन (निरन्तर प्रकाश की अवधि) ६ महीनो लम्बा होता है। निरन्तर प्रकाश की अवधि के भीतर निचले अक्षाशो की अपेक्षा ध्रुवीय प्रदेशो मे सूर्यताप अधिक होता है किन्तु वायु का तापमान उसके अनुसार ऊँचा नही उठता है क्योंकि सूर्य से तल (surface) तक पहुँचने वाली ऊष्मा का अधिक भाग हिम (ice) एव शीन (snow) को पिघलाने मे व्यय होता है, और वायु को आग्ण (warm) नही बना पाता। परिणाम यह होता है कि तापमान वर्ष भर नीचा रहता है और शीन एव हिम से रहित स्थलो के अतिरिक्त, वर्ष के सभी समयो पर तापमान नीचा ही रहता है।

तापमान (Temperature)—उत्तरी ध्रुवीय प्रदेश मे जनवरी के अनेक अंकित तापमानो का सीमान्तर −४०° से −६०° फा० तक होता है। कटिबन्ध के किनारे के समीप अधिकतम ग्रीष्म के तापमान स्थानीय रूपो मे ८०°, अथवा ९०° भी, तक ऊँचे हो जाते है, किन्तु ऐसे तापमान केवल उन्ही स्थानो पर होते है जहा पर शीन एव हिम से मुक्त भू-भाग के विशाल क्षेत्र वर्तमान है। दक्षिणी ध्रुवीय प्रदेश के अधिकाश भाग मे, जहा तक वर्तमान अभिलेखो (records) मे विदित है ओष्णतम महीने मे भी ग्रीष्म का तापमान हिमाक से नीचे रहता है।

दक्षिणी ध्रुवीय प्रदेश की अपेक्षा उत्तरी ध्रुवीय प्रदेश मे तापमानान्तर (range of temperature) अधिक रहता है क्योंकि उत्तरी ध्रुवीय वृत्त मे स्थल का अधिक भाग ग्रीष्म मे हिम से रहित रहता है। साइबेरिया मे ठीक उत्तरी ध्रुवीय वृत्त के भीतर (६७° ६′) वर्खोयानस्क मे जुलाई का माध्य +६०° और जनवरी का माध्य −६०° है। इसके विपरीत, नार्वे के तट पर स्थित और यूरोप का सर्वाधिक उत्तरी नगर हैमरफैस्ट (अक्षाश ७०° ४०′) मे जनवरी का माध्य २३° और जुलाई का माध्य ५३° रहता है। उच्च अक्षाशो मे हैमरफैस्ट पवनाभिमुख तटो के तापमान पर महासागर के पूर्ण प्रभाव को प्रकट करता है।

आर्द्रता एव अवक्षेपण (Humidity and precipitation)—नीचा तापमान जलवायु के अन्य तत्त्वो को प्रभावित किया करता है। इसका अर्थ यह है कि वाष्पीकरण के अभाव के कारण आर्द्रता का अभाव हो जाता है। आपेक्षिक आर्द्रता समुद्र

से दूर पवनाभिमुख तटों की ओर अत्यन्त कम और पवनाभिमुख तटों पर सापेक्षतया उच्च रहती है। अवक्षेपण कम होता है, उसका वार्षिक औसत सम्भवतः पवनाभिमुख तटों के अतिरिक्त ३५ सेण्टीमीटर (१५") से कम रहता है।

जब शैकिल्टन (Shackleton) ने एण्टार्कटिका की अभियात्रा (expedition—खोजयात्रा) की थी, तब एक पहली अभियात्रा में छोड़े गये यन्त्रों के अंकन से पाया गया था कि छह वर्षों में वहाँ पर औसत अवक्षेपण १८ सेण्टीमीटर (७ इंच) से २० सेण्टीमीटर (८ इंच) तक की वर्षा के बराबर हुआ था। ध्रुवीय प्रदेशों में अधिकांश अवक्षेपण हिमपात के रूप में होता है जो प्रायः प्रचण्ड पवनों से युक्त रहता है। अधिक ऊष्ण (warmer) महीनों में उत्तरी ध्रुवीय प्रदेश के निम्न ऊँचाइयों के अधिकांश भागों में कहा जाता है कि वर्षा होती है, जबकि ऊँची ऊँचाइयों पर हिम जम जाती है। दक्षिणी ध्रुवीय प्रदेश में शैकिल्टन ने अपनी यात्रा में पाया कि तेरह महीनों के भीतर (वह इतने ही समय तक वहाँ रुका था) समस्त अवक्षेपण शीत (snow) के ही रूप में था।

ध्रुवीय प्रदेशों में शीत एवं हिम के विशाल क्षेत्र भारी हिमपात के कारण नहीं होते बल्कि जो कुछ शीत गिरती है केवल उसी का एकत्रीकरण होता रहता है। ग्रीष्म में कुहरे अधिक साधारण रूप में होते रहते हैं।

जलवायु के परिवर्तन
(Changes of Climate)

ऐतिहासिक काल के भीतर (Within historic time[1])—लोगों में, विशेषतः पुराने लोगों में, प्रचलित इस जन-धारणा का कोई आधार प्रतीत नहीं होता है कि जीवित मानव की स्मृति में कभी जलवायु स्पष्ट रूप में परिवर्तित हुई है। विशेषतः अति प्राचीन काल की प्रसिद्ध ऋतुओं की ध्यान को खींचने वाली विशेषताओं को खूब बढ़ा-चढ़ाकर कहने की एक स्वाभाविक प्रवृत्ति देखी जाती है। उदाहरण के लिए, भारी वर्षा अथवा अत्यधिक कड़ाके के जाड़े ही स्पष्टतया याद रखे जाते हैं। अपवादी (exceptional) जाड़े सामान्य जाड़ों के प्रतीक बन जाते हैं। जलवायु के परिवर्तन सम्बन्धी धारणा के लिए दूसरा कारण अनेक दशाओं में यह ज्ञात होता है कि जिन लोगों में यह विश्वास प्रचलित है, उन्होंने अपने मूल निवासस्थानों का परिवर्तन किया है; अतः अनजाने में ही जलवायु में दो प्रकार की तुलना कर दी जाती है, जैसे कि न्यूयार्क और ईओवा (Iowa) की जलवायु में तुलना कर दी जाती है, यद्यपि दोनों में कुछ अन्तर है। जलवायु के वास्तविक अभिलेख (records) जो किसी-किसी स्थान पर एक शताब्दी तक मिलते हैं इस निष्कर्ष के लिए कुछ अधिक आधार प्रदान नहीं करते हैं कि जलवायु वास्तव में बदल रही है।

---

[1] Huntington, *Monthly Weather Review* XXXVI (1908), pp. 359 and 446, and *Pulse of Asia*.

जलवायु के अपेक्षाकृत लघुचक्रो (relatively short cycles) मे, वर्षा तापमान आदि के उतार चढाव अवश्य होते रहते है। सूर्य के धब्बो के चक्र के अनुकूल लगभग ग्यारह वर्षों का एक कम स्पष्ट मौसमी चक्र होना हो, ऐसा आभास किया जाता है, किन्तु यह स्पष्ट नही है कि इस प्रकार का एक चक्र दूसरे चक्र से विशेष रूप मे भिन्न होता है। हैन (Hann) का कथन है कि केवल एक बात जिसको सिद्ध माना जा सकता है, यह है कि कतिपय मौसम विज्ञान सम्बन्धी तत्त्वो तथा सूर्य के धब्बो की अवधि की प्रगति मे **एक ही साथ चलने** (समानान्तरता—parallelism) के चिह्न पाये जाते है।[1]

यूरोप के लिए, जहा सयुक्त राज्य अमरीका की अपेक्षा अधिक लम्बे समय तक के अभिलेख (records) रखे गये है, ३५ या ३६ वर्षो के एक अधिक लम्बे चक्र का सुझाव दिया गया है। यह निष्कर्ष दो शताब्दियो से अधिक समय के (मौसम सम्बन्धी) आकडो पर आधारित है। इस ३५ या ३६ वर्ष के चक्र मे दो केन्द्रीय काल (focal periods) कहे जा सकते है तथा प्रत्येक काल कुछ वर्षो का हो सकता है, पहला काल वह है जबकि वर्षा औसत से अधिक और तापमान औसत से नीचा रहता है, और दूसरा वह है जबकि वर्षा औसत से कम और तापमान औसत से ऊँचा रहता है। फिर भी, ये दो केन्द्रीय काल चक्र मे सममित रूप से (symmetrically—सुडौल रूप से) स्थापित नही है। उदाहरण के लिए, न्यूनतम वर्षा का काल अधिकतम वर्षा के काल के पाच वर्ष अथवा ३० वर्ष बाद आ सकता है। इस महान अनियमितता को ध्यान मे रखते हुए इसमे सन्देह हो सकता है कि क्या इस चक्र को उन नियमो पर आधारित मानना चाहिए जो सार्वभौमिक रूप मे (universally) लागू होते है।

ब्रूकनर के निश्चय के अनुसार केन्द्रीय काल निम्नलिखित है

तर एव शीतल (Wet and cool)	मध्य का समय (Interval between)	सूखा एव ओष्ण (Dry and warm)	मध्य का समय (Interval between)
१६७१—१६७५	२५	१६८१—१६८५	४५
१६९६—१७००	४५	१७२६—१७३०	३०
१७४१—१७४५	२५	१७५६—१७६०	३०
१७६६—१७७०	५०	१७८६—१७९०	३७
१८१६—१८२०	३५	१८२०—१८३०	३८
१८५१—१८५५		१८६१—१८६५	

पैंतीस वर्षीय काल के आधार की यथार्थता को पाठक स्वय निर्णय कर सकते है। यह सुझाव दिया गया है कि ये काल चक्र और भी अधिक वर्षो के हो सकते है, यहा तक कि वे १०० वर्षो अथवा अधिक वर्षो तक के भी हो सकते है, परन्तु वर्तमान आकडे इस विषय मे किसी निश्चित निष्कर्ष के लिए अपर्याप्त है।

[1] Hann, *Handbook of Climatology*

जलवायु की विषमता अथवा विभेदशीलता (variations) हिमनदियों की गति से भी स्पष्ट होती है। इसकी जाँच विशेष रूप से आल्प्स पर्वत की हिमनदियों के सम्बन्ध में की गयी है। अधिकतम अवक्षेपण और न्यूनतम तापमान के कालों के पश्चात (साधारणतया कुछ वर्षों के बाद) हिमनदियाँ आगे बढ़ा करती हैं, और विपरीत दशाओं के अधिकतम स्पष्ट होने पर पीछे को खिसकती हैं।

ऐतिहासिक काल के आरम्भ से कतिपय ऐतिहासिक घटनाओं का अर्थ लगाया गया है जिनसे कुछ प्रदेशों में जलवायु के प्रदेश जो कभी घनी जनसंख्या वाले थे, अब इतने अधिक शुष्क हैं कि प्रचुर जनसंख्या धारण नहीं कर सकते हैं। इस प्रकार की स्थिति दक्षिण-पश्चिम एशिया और उत्तरी अफ्रीका मे है जहाँ पर उन स्थानों मे जल-सेतु (aqueducts) एवं सिंचाई की नहरों के अवशेष (ruins) पाये जाते हैं जहाँ अब जल का पर्याप्त स्रोत भी नहीं है। एशिया में कुछ स्थानों में बिना निकास की वे झीलें आधुनिक काल मे स्पष्ट रूप से नीची हो गयी हैं जिनके बारे में परम्पराएँ (traditions), और कुछ परिस्थितियों मे सम्भवतः अभिलेख (records) भी, उनकी पहली अधिक ऊँचाई के विषय मे प्रमाण उपस्थित करते हैं। यदि अधिक ऊँचाई की ये परम्पराएँ विश्वास के योग्य हैं, तो ये झीलें यह सूचित करती हैं कि जब से मानव पृथ्वी पर आया है तब से पृथ्वी की शुष्कता बढ़ती जा रही है। इसी निष्कर्ष को जताने वाली कुछ घटनाएँ दक्षिणी अमरीका से भी प्राप्त हैं।

भूवैज्ञानिक काल में (In geologic time)—पृथ्वी के इतिहास की अवधि मे और भी अधिक अतीत काल का अध्ययन करने पर जलवायु के गम्भीर परिवर्तनों के अनेक प्रमाण मिलते हैं। एक दूसरे काल से नितान्त भिन्न, अनेक ऐसे काल हुए हैं जिनसे यह पता लगता है कि अनेक उन स्थानों पर भी हिमयुग हुए है जहाँ अब हिमनदियाँ नहीं हैं। इन शीत युगो मे से एक युग ऐसा भी रहा है जबकि निचले उन अक्षांशों तक मे विशाल हिमनदियाँ थीं जहाँ आज उष्णकटिबन्धीय एवं उप-उष्णकटिबन्धीय जलवायु मिलती हैं (दक्षिण भारत, आस्ट्रेलिया, दक्षिण अफ्रीका)। इन अपवादी (exceptional) शीतयुगो में से प्रथम शीतयुग पृथ्वी के इतिहास के प्रारम्भिक काल मे ही प्रकट हुआ था (एक पुराजीव कल्प—Palaeozoic era के आरम्भ में, और दूसरा सम्भवत उससे बहुत पहले) और अन्तिम (गत हिमनदी युग—the late glacial period) केवल कुछ ही समय पहले व्यतीत हुआ है।

इनके विपरीत, ओष्ण (warm) जलवायु ध्रुवीय प्रदेशों में अपेक्षाकृत आधुनिक काल तक भी लम्बी अवधि तक बनी रही है। उदाहरण के लिए, ग्रीनलैण्ड में अपनी वर्तमान हिम-चादर के विकास से कुछ ही पहले (भूवैज्ञानिक दृष्टि से—geologically) उष्ण जलवायु थी। आज के उपलब्ध आँकडे यह प्रकट करते हुए प्रतीत होते हैं कि वर्तमान युग की जलवायु उस जलवायु की अपेक्षा अधिक शीतल है जो पृथ्वी के इतिहास के अधिक विशाल भाग मे विद्यमान रही है।

आद्रता मे बार-बार होने वाले परिवतन उतनी ही स्पष्टता से प्रकट होते हुए प्रतीत होते है जितनी स्पष्टता से तापमान म होने वाले परिवतन प्रकट होते है। पृथ्वी के इतिहास के विभिन्न कालो मे शुष्क जलवायु उन प्रदेशो म विद्यमान रही है जिनम वतमान युग म आद्र जलवायु ह (उदाहरण के लिए, यूयाक तथा ओहियो), और आद्र जलवायु उन प्रदेशो मे व्याप्त रही ह जो अब अनिवाय रूप म मरुस्थल है (जैसे अरीजोना)। सूखी जलवायु की अवस्था म नमक एव खडिया मिट्टी की खाने शुष्कता की सूचक हे, और आद्र जलवायु की अवस्था मे प्रचुर वनस्पति के प्रामाणिक साक्ष्य, उन प्रदेशो मे जो अब मरुस्थल है, आद्रता के सूचक हैं।

कुछ अवस्थाओ म इन परिवतनो के कारण निस्सदेह स्थलाकृतिक (topographic) परिवतनो के कारण स्थानीय थे। किन्तु अन्य दशाओ म यह तक लागू नही होता है। अत यह स्पष्ट ज्ञात होता है कि य कारण बहुत ही प्राचीनकाल स क्रियाशील रहे है जो तापमान तथा आद्रता दोनो म ही भिन्नता उत्पन्न करते है। इन कारणो के विषय मे जो विचार किया गया है वह निम्नलिखित है

(१) **भौगोलिक** (Geographic)—स्थल एव जल के सम्बन्धो म परिवतनो के कारण, अथवा भूमि की स्थलाकृति मे परिवतनो के कारण।

(२) **ज्योतिषीय** (Astronomic)—पृथ्वी के कक्ष (orbit) के आकार म परिवतनो के कारण, विषुवो के अयन (precession of equinoxes), आदि के कारण।

(३) **वायुमण्डलीय** (Atmospheric)—वायुमण्डल की रचना म परिवतनो के कारण।

इन कारणो के अतिरिक्त और भी अन्य कारणो का अनुमान किया गया है। इन परिवतनो से सम्बन्धित तथ्यो का सकलन करने मे ज्ञात होता है कि इनमे से तीसरी व्याख्या सर्वाधिक सगत है। परन्तु फिर भी यह नही कहा जा सकता है कि हम अन्तिम निष्कर्षों पर पहुँच गये है।[1]

---

1 On this point see Chamberlin and Salisbury's *Earth History* Schuchert Carnegie Institute, Publication 192, 1914

भाग ४

महासागर

THE OCEAN

२०

सामान्य तथ्य
(GENERAL FACTS)

महासागर स्थलमण्डल के तल के विशाल गड्ढों (depressions) में स्थित हैं। महासागरों के गड्ढों का क्षेत्रफल ऊपर उठे हुए स्थलखण्डों के क्षेत्रफल से लगभग दुगुना बड़ा है। महासागरों का जल केवल उन गड्ढों को ही नहीं भरता है बल्कि वह स्थल मंचो (continental platforms) के ऊपर लगभग २,५६,००,००० वर्ग किलोमीटर (१,००,००,००० वर्ग मील) के क्षेत्रफल में फैला हुआ है। परिणाम-स्वरूप, महासागरों का जल थल के लगभग तीन-चौथाई (लगभग $\frac{७२}{१००}$) भाग को ढके हुए है। सभी महासागर तल पर एक-दूसरे से मिले हुए हैं; इस प्रकार कुछ अर्थों में एक हैं, परन्तु फिर भी अलग-अलग भागों के लिए अलग-अलग नाम हैं; किन्तु वास्तविक सागर-द्रोण (ocean basins) स्पष्टतः एक-दूसरे द्रोण से अलग ही हैं।

यद्यपि जिन गड्ढों में महासागरों का अधिकांश जल भरा हुआ है उनको द्रोण (basins) कहते हैं, तथापि द्रोण नाम की कोई समता उस घरेलू पात्र से कदापि नहीं है जिसका संकेत इस नाम से मिलता है। एक रेखाचित्र के निर्माण द्वारा यह सरलता से देखा जा सकता है। एक लगभग १ मीटर (३ फुट) लम्बा चाप, जिसका अर्द्धव्यास लगभग १·२ मीटर (४ फुट) हो, एक वृत्त के लगभग आठवें भाग का प्रतिनिधित्व किया करता है। यदि ऐसा एक चाप श्यामपट पर खींच लिया जाए, तो उसे संयुक्त राज्य तथा यूरोप के बीच में अटलाण्टिक महासागर की चौड़ाई का प्रतीक माना जा सकता है। यदि चाक (chalk) की रेखा के शीर्ष को महासागर के तल का प्रतिनिधि मान लिया जाए तो महासागर के नितल को प्रकट करने वाली दूसरी रेखा उसके नीचे साधारण खड़िया (crayon—रेखा खींचने की खड़िया) द्वारा जल की गहराई को बढ़ा-चढ़ाकर रंगे बिना सरलता से नहीं खींची जा सकेगी।

चित्र ५८६ हमको किसी सागर की द्रोणी की वास्तविक आकृति की कुछ धारणा (conception) बनाने में सहायता कर सकता है। सामान्यतः यह ऊपर की ओर को उत्तल (convex) है, किन्तु स्थानीय रूप में, विशेषतः जहाँ पर यह स्थल-मंचों से जुड़ा हुआ है, यह ऊपर की ओर अवतल (concave) है। चित्र ५८७ उन पेटियों को प्रकट करता है जहाँ पर नितल (bottom) ऊपर की ओर

अवतल है। ये पटिया चौड़ाई में १६० किलोमीटर (१०० मील) से ४८० किलोमीटर (३०० मील) तक है।

समुद्र तल (The sea level)—सागर के तल को देखने पर वह समतल दिखाई देता है, किन्तु स्थल का तल स्पष्ट रूप से ऊँचा-नीचा होता है, अतः सागर एवं स्थल के तलों में एक तीव्र भिन्नता है। हम सागरों के बारे में इस प्रकार की बातचीत करने के आदी से हो गये हैं कि मानो सागर सभी प्रकार की विषमताओं से मुक्त हों। साधारणतया सागर वह आधार-तल है जिससे स्थल की ऊँचाइयाँ नापी जाती हैं। अतः यह समझ लेना आवश्यक है कि वास्तव में समुद्र तल क्या होता है।

Fig 586
Diagram to illustrate the form of an ocean basin

पहली बात तो यह है कि यह एक वक्र तल होता है और इसकी वक्रता लगभग एक चपटी (oblate—नारंगी के सिर की तरह की) तथा तनिक अपूर्ण गोल (spheroid) की भाँति होती है। किन्तु इसका तल किसी गोलाभ (spheroid) के तल के लगभग समान होता है क्योंकि वे स्थलखण्ड, जो सागर के द्रोणों से ऊपर उठे हुए हैं और जिनका अंत पर्वतों में होता है, सागर के जल को अपनी ओर आकर्षित करते हैं, और इस प्रकार उस प्रधान गुरुत्वाकर्षण (attraction of gravitation) के कुछ विपरीत कार्य करते हैं जो समस्त पदार्थों को पृथ्वी के केन्द्र की ओर खींचने में लगा रहता है। उदाहरण के लिए, एण्डीज पर्वत समुद्र के निकट ही समुद्र से पर्याप्त ऊँचे उठे हुए हैं और उनसे सटा हुआ जल उनकी आकर्षण शक्ति द्वारा सामान्य गोलाभ तल से कुछ ऊपर तक खींचने लगता है। यह अनुमान किया गया है कि भारत (वर्तमान पाकिस्तान—अनु०) के तट पर सिन्ध नदी के मुहाने पर समुद्र का जल, प्रायद्वीप (भारत) के दक्षिणी सिरे पर स्थित सीलोन (Ceylon—लंका) द्वीप के आसपास के जल की अपेक्षा पर्याप्त रूप से अधिक ऊँचा है (अर्थात् पृथ्वी के केन्द्र से अधिक दूर)। समुद्र के तल की इस वक्रता का कारण हिमालय एवं समीप वाले ऊँचे स्थलों द्वारा आकर्षण है। सभी स्थलखण्ड इसी प्रकार से कार्य करते हैं और तट के निकट समुद्र-तल में ऊपर जितना ही अधिक विशाल स्थलखण्ड होगा यह वक्रता उतनी ही अधिक होगी।

अत समुद्र-तल गोलाभ (spheroid) की वक्रता के साथ ठीक-ठीक वैसा ही गोल नही होता है। इससे भी आगे दूसरी बात यह है कि पर्वतों की ऊँचाइयाँ और खण्ड (masses) एक युग से दूसरे युग में बदलते रहते है, इसलिए उनको टेढा करने वाले प्रभाव समय की लम्बी अवधि में कुछ बदल जाते है। यदि किसी स्थान की ऊँचाई का अभिलेखन (record) किसी ऐसे ढंग से करना है कि वह स्थायी रूप से सही रहे, जैसे कैलीफोर्निया में, तो उसका अभिलेखन केवल इस रूप में नही करना चाहिए कि वह समुद्र-तल से, मान लो १५० मीटर (५०० फुट) ऊँचा है, वरन् इस रूप मे करना चाहिए कि वह कैलीफोर्निया के तट पर १ जनवरी, १६०० को ४०° अक्षांश पर समुद्र-तल से १५० मीटर (५०० फुट) ऊँचा था।

स्थल के खण्डो के आकर्षण के कारण होने वाली समुद्र के तल की न्यूनाधिक (more or less) **स्थायी** विरूपताओं (distortions—कुरूपताओ, विकृतियों) के अतिरिक्त तल की कुछ **अस्थायी तथा मन्द** विपमताएँ भी होती है, जिनका विचार बाद मे किया जाएगा।

समुद्र के प्राकृतिक भूगोल के अन्तर्गत कौन-कौनसी बातें होती हैं (What the physical geography of the sea includes)—इस सम्बन्ध में अनेक बाते सम्मिलित है। उनमें से कुछ ये है—(१) जल का वितरण, (२) सभी स्थानों पर जल की गहराई, (३) तल की स्थलाकृति, (४) जल की सविरचना (composition of the water), (५) जल का रंग, (६) तल पर तथा उसके नीचे का तापमान, (७) जल की गतियाँ, (८) इसका जीवन, और (९) नितल के पदार्थ।

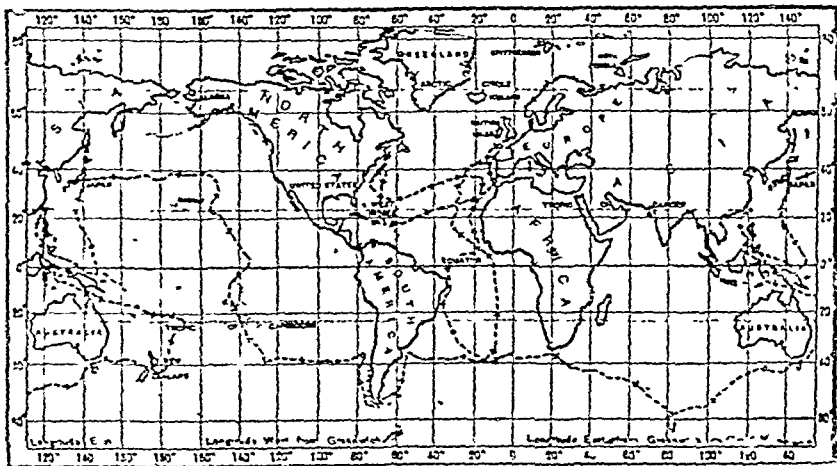



Fig. 587

The course of H. M. S Challenger. shown by broken line on oceanic areas.

समुद्र का प्राकृतिक भूगोल, जहाँ तक यह अब तक ज्ञात हो सका है, विभिन्न प्रकारो से ज्ञात हुआ है। इसके जल का वितरण स्थल के क्षेत्रो की सीमाओ की

रचनाओं द्वारा स्पष्ट हो गया है। इसके जल के स्वभाव का निर्धारण रासायनिक विश्लेषण (chemical analysis) द्वारा किया गया है। इसके जल की गतियों का अध्ययन विभिन्न प्रकारों से किया गया है। उनमें से कुछ, जैसे लहरों, का अध्ययन तट से किया जा सकता है। धाराओं जैसी अन्य बातों जिनको सरलता से नहीं देखा जा सकता है किन्तु फिर भी उनकी जहाँ तक जानकारी हो सकी है, का अध्ययन निम्न बातों पर आधारित है—(१) धाराओं के प्रभावों द्वारा यात्रा करने वाले जहाजों के मार्ग परिवर्तित हो जाते हैं, (२) जल में बहने वाले पदार्थों के मार्गों को देखा जा सकता है, (३) तापमान पर धाराओं के प्रभाव पड़ते हैं, तथा (४) अन्य अनेक विधियों द्वारा।

महासागरों की गहराई, तापमान, जीवन, नितल के पदार्थ एवं नितल की स्थलाकृति और गतियाँ आदि से सम्बन्धित हमारे ज्ञान का अधिकतम भाग उन अभियानाओं (expeditions) द्वारा प्राप्त हुआ है जो इन विषयों के अध्ययन के लिए समय समय पर की गयी है। ये अभियात्राएँ कुछ स्थितियों में सरकारों द्वारा, कुछ में समितियों द्वारा, तथा कुछ औरों में व्यक्तियों द्वारा संगठित की जाती रही हैं। गत शताब्दी में एक अभियात्रा जो अत्यन्त विस्तृत एवं सुनियोजित (most elaborated) पैमाने पर की गयी थी, ब्रिटिश सरकार के संरक्षण में १८७२-७६ की चैलेन्जर (Challenger) की अभियात्रा थी। इस जहाज ने अटलाण्टिक, प्रशान्त तथा दक्षिणी महासागरों में विस्तृत खोजें की थीं (चित्र ५८७)। चैलेन्जर की यात्रा में किये गये पर्यवेक्षणों (observations) के परिणाम और उनसे निकाले गये निष्कर्ष विशाल ग्रन्थों की एक बड़ी माला (series) में प्रकाशित किये गये हैं जिनसे हमको हमारे समुद्र सम्बन्धी ज्ञान का अधिकतम विस्तृत अंग प्राप्त होता है।

यद्यपि अनेक छोटी यात्राओं ने हमारे महासागर से सम्बन्धित ज्ञान को कम मात्रा में बढ़ाया है, तथापि उनका महत्त्व कम नहीं है। उनमें से कुछ का उल्लेख यहाँ किया जा सकता है—(१) The U S S Mercury (Barbadoes to Sierra Leone, 1871), (२) H M S Lightning and H M S Porcupine (Faroe Islands to the Mediterranean, 1868-70), (३) the German frigate Gazelle (1874 76,) and (४) the U S Coast and Geodetic Survey steamer Blake (Gulf of Mexico, Caribbean Sea, east coast of the United States 1877-80), and (५) the work of the *Coast and Geodetic Survey on the Gulf Stream (1845 59)*

आर्कटिक प्रदेश में पियरी (Peary) नानसेन (Nansen), एवं स्टीफेन्सन (Stefansson) की अभियात्राओं तथा आधुनिक वर्षों में एण्टार्कटिक प्रदेश में की गयी अभियानाओं ने उच्च अक्षांशों में स्थित जल के सम्बन्ध में हमें पर्याप्त सूचनाएँ दी हैं। ये अभियात्राएँ जिस ढंग से अपना कुछ कार्य करती हैं उसका कुछ आभास आगे वाले पृष्ठों में मिलेगा।

महासागरों के जल का वितरण (Distribution of the ocean waters)—६०° दक्षिण अक्षाश पर महासागर पृथ्वी को चारो ओर से ढके हुए है, अर्थात् इस अक्षाश पर भूमण्डल पर स्थल नही है। भूमण्डल को ढकने वाली इस जलराशि से उत्तर की ओर जल के तीन विशाल अग, क्रमश॰ अटलाण्टिक, प्रशान्त एव हिन्द-महासागर, फैले हुए है। दक्षिणी गोलार्द्ध के उच्च अक्षाशो में एण्टार्कटिका स्थित है। यह स्मरण रखना होगा कि उत्तरी गोलार्द्ध मे ६०° से ७०° अक्षाश मे स्थल प्राय एक पूर्ण घेरा बनाता है, जहाँ से वह दक्षिण की ओर तीन (अथवा दो) विशाल भुजाओ के रूप मे फैला हुआ है, और इस स्थलमण्डल के उत्तर में आर्कटिक महासागर स्थित है। ४०° दक्षिण अक्षाश के दक्षिण की जलराशि को प्राय दक्षिणी महासागर कहा जाता है। आर्कटिक महासागर सम्पूर्ण जलराशि के क्षेत्रफल का लगभग १/३७ भाग, हिन्दमहासागर लगभग १/११ भाग, दक्षिण महासागर लगभग १/४ भाग, अटलाण्टिक महासागर १/५ भाग, और प्रशान्त महासागर ३/११ भाग है।

यह पहले ही कहा जा चुका है कि उत्तरी एवं दक्षिणी गोलार्द्धों मे स्थल तथा जल के असमान वितरण का उनकी जलवायु के ऊपर महत्त्वपूर्ण प्रभाव पडता है।

गहराई (Depth)—ऐसा अनुमान किया गया है कि महासागर की औसत गहराई लगभग ४ किलोमीटर (२ १/२ मील) अथवा ३,६०० मीटर (१२,००० फुट) और ३,९०० मीटर (१३,००० फुट) के बीच है। प्रशान्त महासागर की औसत गहराई का अनुमान लगभग ४ २/५ किलोमीटर (२ ३/४ मील), अटलाण्टिक का ४ किलोमीटर (२ १/२ मील), और हिन्द एव दक्षिणी महासागरो का ३ ३/५ किलोमीटर (२ १/४ मील) है। आर्कटिक महासागर की औसत गहराई ज्ञात नही है किन्तु नान्सेन (Nansen) ने यूरेशिया के महाद्वीपीय निधाय (continental shelf) से दूर ३,६०० मीटर (१२,००० फुट) से अधिक की गहराई का पता लगाया था। महासागर के जल की अधिकतम ज्ञात गहराई लगभग ६ मील है। यह गहराई समुद्र-तल से ऊपर उच्चतम पर्वत की ऊँचाई से तनिक अधिक है। अनेक ऐसे स्थान है जहाँ महासागर की गहराई लगभग ६ किलोमीटर (४ मील) से अधिक है, और अत्यधिक गहरे जल का क्षेत्रफल अत्यधिक ऊँचे स्थल के क्षेत्रफल की अपेक्षा अत्यन्त अधिक है। महासागरो के वे गड्ढे जो महासागर की औसत गहराई से उल्लेखनीय रूप मे गहरे होते है, डीप्स (deeps—गम्भीर सागर) कहलाते है।

जल की अधिकतम ज्ञात गहराई प्रशान्त महासागर मे लैड्रोन द्वीपो (Ladrone Islands) के निकट ९,६३५ मीटर (३१,६१४ फुट) है। लगभग इतनी ही गहराई का दूसरा क्षेत्र ९,२८० मीटर (३०,९३० फुट) न्यूजीलैण्ड के उत्तर-पूर्व मे आल्डरिच डीप (Aldrich Deep) है। जापान के पूर्व मे तुसकैरोरा डीप (Tuscarora Deep) की गहराई लगभग ८,४०० मीटर (२८,००० फुट) और २४° से २५° दक्षिण अक्षाश पर चिली के तट से कुछ दूर यह गहराई लगभग ७,५०० मीटर (२५,००० फुट—लगभग पाँच मील) है।

इन विशाल गहराइयो मे से कोई भी गहराई प्रशान्त महासागर के मध्य

भाग मे नही है। उनम स कुछ महाद्वीपीय तटा (continental shores) के समान हैं और दूसर उन एसे प्रदेशा म है जहा द्वीपा की सख्या अधिक है, उनके पडोस मे जल बहुत गहरा नही ह। उनम म अधिकाश महासागर के पश्चिमी भाग म ह। सभी स्थितियो म इन विशाल गहराइया के ढाल अत समुद्री (submarine) ढाला की भाति प्रपाती (steep) है, और गम्भीर सागरा (deeps) की प्रवृत्ति यह ह कि व निकटतम तटा अथवा सटे हुए समुद्र के भीतर क कटका (ridges), अथवा उन कटका के जिनके शिखर द्वीप के रूप म ऊपर उठे हुए ह, समानान्तर लम्बाकार (elongated) होते हैं।

अटलाण्टिक महासागर का एकमात्र क्षेत्रफल जहा इस प्रकार की गहराइ मिलती है पोर्टो रीको (Porto Rico) के उत्तर ब्लैक डीप (Black Deep) मे है (२०° उ० अक्षाश, ६५° म ६८° प० देशातर तक), जहा पर अधिकतम गहराइ ८,२१० मीटर (२७,३६६ फुट) तक मिलती है।

हिन्द महासागर म ६,००० मीटर (२०,००० फुट) स अधिक की गहराई ज्ञात नही है, और दक्षिणी महासागर की अधिकतम ज्ञात गहराई और भी कम है।

महासागरा की गहराई गम्भीरता मापन की क्रिया (Soundings) द्वारा ज्ञात की जाती है। यह काय जहाज मे एक पतले पक्के लोह के तार म बधे हुए एक भारी धातु के भार को समुद्र म छोडकर किया जाता ह। (एक रस्सी द्वारा क्या नही ?)। भार गम्भीरतामापी तार से इस प्रकार बाधा जाता है कि वह सागर के नितल (bottom) पर पहुँचकर तार से अलग हो जाए (**चित्र ५८८**), भार को पुन ऊपर खीचने की अपेक्षा उसे वही पर छोड देन म सरलता रहती ह। ३,००० फैदम का गम्भीरतामापन लगभग एक घण्टे म ही किया जा सकता है।

Fig 588
The Sounding line (*Challenger Report*)

यह एक यूनाधिक व्यापक धारणा है कि गहर से गहरे जल इतने घन है कि उनम लटकाया गया भार सरलता से नही डब पाता है, इसी कारण से गहन सागर (deep sea) का गम्भीरतामापन कठिन है, किन्तु यह बात गलत है क्योकि जल केवल थाडी ही मात्रा म सम्पीडय (slightly compressible—कम घना) होता है। तल पर के जल की अपेक्षा महासागर क गहरे से गहरे भाग मे जल, समान मात्रा के अनुपात म, केवल कुछ ही अधिक भारी ह (सम्भवत बीसवा भाग भी नही ह)। गहरे सागरा की गहराइया को नापने म कठिनाइया होती ह, किन्तु व कठिनाइया गहरे जल क अधिक घनत्व (density) के कारण नही होती है।

परिमाण (Volume)—महासागरा की औसत गहराई और उनका क्षेत्रफल

ज्ञात हो जाने पर, उनमे भरे हुए जल के परिमाण का हिसाब लगाया जा सकता है। यह समुद्र-तल से ऊपर स्थल के परिमाण का १५ गुना पाया जाता है। यदि स्थल के समस्त पदार्थो को समुद्र मे ले जाया जाए और उसकी (समुद्र की) द्रोणी मे जमा कर दिया जाए, तो उससे जल का स्तर लगभग १९५ मीटर (६५० फुट) ऊँचा उठ जाएगा। यदि समस्त स्थलमण्डल को समतल कर दिया जाए (पहाडो एवं उच्च स्थलो को नीचा तथा स्थलीय गड्ढो को ऊँचा कर दिया जाए), तो महासागर का जल लगभग २,७०० मीटर (९,००० फुट) अथवा लगभग दो मील की गहराई तक समस्त पृथ्वी को ढक लेगा।

भार (Mass)—सागर का भार (weight) समुद्र से ऊपर स्थल के भार से केवल लगभग पाँच गुना अधिक है क्योकि समान परिमाण की चट्टान की अपेक्षा जल अत्यधिक हलका होता है। सागर का भार उसको घेरे रहने वाली वायु से लगभग २६५ गुना है, और पृथ्वी के ठोस भाग के भार का $\frac{१}{४०००}$ है।

नितल की स्थलाकृति (Topography of the bottom)—समुद्र के नितल का अधिकाश विशाल भाग लगभग इतना चौरस (flat) है कि यदि समस्त जल को हटा दिया जाए तो उसके समतल होने मे दृष्टि को कोई कमी नही मिलेगी। अत. सागरों के नितल की स्थलाकृति स्थल की आकृति से अति भिन्न है। वहता हुआ जल स्थल की आकृति को विषम (rough) बनाने मे अन्य सब कारको (agents) की अपेक्षा सर्वाधिक मुख्य होता है, किन्तु सागरो के नितल पर नदियाँ नही वहती है, अत. सागरो के नितल की स्थलाकृति तथा स्थल की स्थलाकृति के बीच दिखाई देने वाला स्पष्ट अन्तर सागरो के नितल पर नदियो के अभाव के ही कारण होता है।

समुद्र के नितल की प्रचलित चौरसता (flatness) के होते हुए भी सागरो के नितल की उद्भृति (relief) स्थल की उद्भृति (relief) से कम नही है। सागर के नितल की विषमताएँ (irregularities) कई प्रकार की है। ये निम्न है—(१) **ज्वालामुखीय शंकु** (volcanic cones), उनमे से कुछ गहरे सागर के नितल से निर्मित होकर जल के तल तक तथा उससे बहुत ऊपर तक भी उठे हुए है (**अध्याय ७**); (२) **अपेक्षाकृत प्रपाती ढाल अथवा कगार** (relatively steep slopes or scarps), जो महाद्वीपीय निधायो (continental platforms) और गहरे सागर के द्रोणो के जोड पर मिलते है, और कुछ ऐसे भी है जो कुछ स्पष्ट गहराइयो के आसपास मिलते है, (३) **घाटी के समान गड्ढे** (valley like depression) जो विशेषतः महाद्वीपो के किनारो के आसपास उथले जलो मे मिलते है, (४) **स्पष्ट उभार** (pronounced swells) जिनकी तुलना स्थल की पर्वत श्रेणियो से की जा सकती है, और (५) **चौड़े, पठार के समान क्षेत्र** (broad, plateau like areas) जो अपने पास-पडोस, जिनके ऊपर जल अपेक्षाकृत उथला होता है, से स्पष्ट रूप मे ऊपर उठे हुए है।

(१) ज्वालामुखीय शकुओ की सख्या वहुत है, किन्तु अन्य स्थानो की अपेक्षा

वे प्रशान्त महासागर में अधिक संख्या में हैं, और उनके उथले पूर्वी भाग की अपेक्षा उसके अधिक गहरे पश्चिमी भाग में अधिक संख्या में हैं। यद्यपि ऐसे शृंग अकस्मात् ही उठे हुए से प्रतीत होते हैं तथापि उनके ढाल वस्तुतः जितने दिखाई देते हैं उनकी अपेक्षा बहुत कम ढालू हैं। ज्वालामुखी द्वीपों के शीर्ष का ढाल शायद ही २०° से अधिक होता है और उनके निचले भागों का ढाल ६° से १०° तक से अधिक कभी-कभी ही होता है। समुद्र में नीचे ढाल और भी अधिक मन्द होता है वह शायद ही ३° से अधिक अथवा ३२ किलोमीटर में से १⅗ किलोमीटर (२० मील में से १ मील) रहता है। चित्र ५८९, ५९० और ५९१ क्रमशः ८ किलोमीटर में १⅗ किलोमीटर (५ मील में १ मील), १६ किलोमीटर में १⅗ किलोमीटर (१० मील में १ मील) और ३२ किलोमीटर में १⅗ किलोमीटर (२० मील में १ मील) के अनुसार ढालों को प्रकट करते हैं।

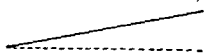



Fig 589
Diagram illustrating a slope corresponding to 1 5

Fig 590
Diagram illustrating a slope corresponding to 1 10

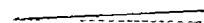



Fig 591
Diagram illustrating a slope corresponding to 1 20

(२) यद्यपि महाद्वीपीय निधायों (continental shelves) के किनारों पर तथा गम्भीरों (deeps) के आसपास नितल के ढाल वैसे ही प्रपाती (steep) हैं जैसे कि महासागरों के नितल में मिलते हैं, तथापि वे स्थल पर के जनक ढालों की अपेक्षा बहुत कम ढालू हैं। १६ किलोमीटर में १⅗ किलोमीटर (८ में १ मील) का ढाल दुर्लभ है, और ३२ किलोमीटर में १⅗ किलोमीटर (२० में १ मील) के ढाल को (चित्र ५९१) कदापि सामान्य नहीं कहा जा सकता है। यह अन्तिम ढाल एक प्रपाती रेलमार्ग की श्रेणी का होगा। ९६ किलोमीटर में १⅗ किलोमीटर (६० में १ मील) के ढाल महाद्वीपीय मग्नतट भूमियों (continental shelves—महाद्वीपीय निधायों) के किनारे पर के औसत प्रपाती ढाल की अपेक्षा अधिक ऊँचे हैं। अतः इन अधिकांश प्रपाती ढालों के ऊपर रेलगाड़ियाँ भी दौड़ायी जा सकती हैं।

किन्हीं किन्हीं दशाओं में ऐसे ढाल जो स्थल पर भी अत्यन्त प्रपाती समझे जा सकते हैं समुद्र के नितल पर पाये जाते हैं। इसी के परिणामस्वरूप भूमध्यसागर में जहाज के अगले और पिछले भाग से गम्भीरों (deeps) का मापन करते समय ४५० मीटर (१५० फुट) तक का अन्तर मिला हुआ बताया जाता है। ऐसे ढाल (slopes) अथवा कगार (scarps) निम्नदृढ़ भ्रंशन (faulting) के ही परिणाम हैं।

(३) अनेक महाद्वीपीय मग्नतट भूमियाँ (continental shelves) उन

घाटियों द्वारा प्रभावित हैं जिनमें नदी घाटियों (river valleys) की सामान्य विशेषताएँ मिलती हैं। इनमें से अनेक उन घाटियों के निरन्तर क्रम में प्रतीत होती हैं जो अब स्थल पर विद्यमान हैं। उदाहरण के लिए, हडसन, डेलावेयर, ससकेचाना, सेन्टलारेंस तथा अनेक अन्य उल्लेखनीय घाटियाँ समुद्र के नीचे डूबी हुई अटूट क्रम जारी रखती हैं। हडसन की घाटी महाद्वीपीय मग्नतट भूमि के किनारे तक समुद्र में निरन्तर अपना क्रम बनाये रखती है, जहाँ यह ३२ किलोमीटर (२० मील) तक स्पष्ट रहती है, और इसके पास-पड़ोस से नीचे इसकी अधिकतम गहराई ७२० मीटर (२,४०० फुट) तक है और समुद्र-तल के नीचे ८५४ मीटर (२,८४४ फुट) है। अन्य स्थानों पर यह उथली है। अन्य इतनी गहरी नहीं हैं। डेलावेयर और ससकेचाना की घाटियों के डूबे हुए क्रम महाद्वीपीय निवाप पर अपने पास-पड़ोस से ३० मीटर (१०० फुट) से कम नीचे हैं किन्तु सागेने (saguenay) एवं सेण्टलारेंस की घाटियाँ जो दोनों ही महाद्वीपीय निवापक के किनारे तक फैली हुई हैं, अधिक गहरी हैं।

संयुक्त राज्य के प्रशान्त तट के समीप की कुछ जलमग्न घाटियाँ (submerged valleys) वर्तमान स्थल की घाटियों के निरन्तर क्रम में प्रतीत नहीं होती हैं। उनमें से कुछ सैकड़ों किलोमीटर लम्बी हैं और ३०० मीटर (१,००० फुट) या अधिक (अधिकतम) गहरी हैं। साधारणतया ऐसी घाटियों के विषय में विश्वास किया जाता है कि वे नदियों द्वारा उस समय बनायी गयी हैं जबकि समुद्र उन क्षेत्रों के ऊपर नहीं था जिन पर वह आज फैला हुआ है।

(४) पर्वतों के समान उभारों के उदाहरण क्यूबा तथा उसके समीपवर्ती द्वीपों द्वारा प्राप्त होते हैं, जो वास्तव में एक विशाल पर्वत तन्त्र (mountain system) के शिखर हैं जो गहरे जल से ऊपर उठे हुए हैं।

(५) पठार के समान की ऊँचाई का उदाहरण अटलाण्टिक महासागर की **डोलफिन नामक कटक** (dolphin ridge) द्वारा मिलता है। यह एक चौड़ी एवं नीची 'कटक' है, जिसके ऊपर जल ३,६०० मीटर (१२,००० फुट), तथा कुछ स्थानों में १,५०० मीटर (५,००० फुट) से भी कम गहरा है; यह कटक अटलाण्टिक की लम्बाई में ४०° द० अक्षांश तक आड़ी (traverse) पड़ी हुई है। यह कटक अटलाण्टिक की द्रोणी को दो छोटी द्रोणिकाओं (troughs) में बाँट देती है, जिनमें से एक द्रोणिका (trough) कटक के पूर्व में है और दूसरी पश्चिम में जहाँ जल कुछ अधिक गहरा है। दक्षिणी प्रशान्त महासागर में अनेक ज्वालामुखी द्वीप जलमग्न (submerged) पठारों के ऊपर से उठे हुए हैं।

उपर्युक्त वर्णन से स्पष्ट है कि स्थल के समान समुद्र के नितल पर भी महान विषमताएँ मिलती हैं। किन्तु स्थल की अनेक गौण (minor) विषमताएँ, विशेषतः वे जो बहते हुए जल, पवन, हिमनदियों आदि द्वारा विकसित होती हैं, सागरों के उथले जल के नितल पर की विषमताओं के समान हो सकती हैं, किन्तु महासागरीय नितल (ocean bed) की विषमताओं से भिन्न होती हैं।

समुद्री जल की संरचना
(Composition of Sea Water)

समुद्र के जल की सबसे अधिक स्पष्ट विशेषता उसकी लवणता (saltness—खारीपन) में है, किन्तु साधारण नमक के अतिरिक्त उसमें अनेक प्रकार के खनिज पदार्थ (mineral matters) घुले हुए मिलते है। सागर के १०० पौण्ड जल मे लगभग ३½ (३ ४४) पौण्ड खनिज पदार्थ मिला रहता है। इस खनिज पदार्थ में साधारण नमक तीन चौथाई (७७ ७६%) से अधिक होता है। अन्य महत्त्वपूर्ण खनिज तत्त्व ये है—मैगनेशियम क्लोराइड (१० ८८%), मैगनेशियम सल्फेट (४ ७४%) कैलशियम सल्फेट (३ ६०%), पोटेशियम सल्फेट (२ ४६५%), और कैलशियम कारबोनेट (३४५%)। इन पदार्थों के अतिरिक्त अन्य पदार्थ भी अति लघुमात्रा में विद्यमान रहते है। सागर के जल में घुले हुए ये पदार्थ उसको मीठे पानी की अपेक्षा कुछ अधिक भारी (heavier) बना देते है। यदि मीठे जल का भार १ मान लिया जाए तो खारी जल का भार (weight) लगभग १ ०२६ होगा।

लगभग ४ घन किलोमीटर (१ घन मील) मीठे जल का भार लगभग ४,२०,५६,५०,००० टन होता है (प्रत्येक टन बराबर २२४० पौण्ड), जबकि उतने ही सामान्य खारी जल का भार ४,३१,४६,६६,६०० टन होता है। ४ घन किलोमीटर (१ घन मील) सागर के जल मे खनिज पदार्थ का भार लगभग १५,१०,२५,००० टन होता है। खनिज पदार्थ का यह भार, जैसा कि स्पष्ट होगा, ४ घन किलोमीटर मीठे जल के भार तथा उतने ही घन किलोमीटर खारी पानी के भार के बीच के अन्तर से अधिक होता है। अतः यह विदित होता है कि ४ घन किलोमीटर (१ घन मील) सागर के जल का भार उतना नही होता है जितना कि ४ घन किलोमीटर (१ घन मील) मीठे जल का भार तथा खारी जल मे उपस्थित नमकों का भार मिलाकर होना चाहिए। जब खनिज पदार्थ जल मे घुलता है तो वह जल के आयतन (volume) को बढा देता है किन्तु उतनी मात्रा मे नही बढा पाता जितना कि घुले हुए खनिज पदार्थ का आयतन होता है। यदि सागर के जल से सभी नमकों को बाहर निकाल दिया जाए और सागर की द्रोणियो (ocean basins) से हटा दिया जाए तो सागर का तल ३० मीटर (१०० फुट) से अधिक नीचे को उतर जाएगा। यदि सागर के सभी नमक घोल के रूप से ठोस रूप में परिवर्तित करके एक तह (layer) के रूप मे महासागर के नितल पर बिछा दिए जाएँ तो लगभग ५३ मीटर (१७५ फुट) मोटी एक परत तैयार हो जाएगी, और वह परत समुद्र के तल के जल (जो उस समय बिना नमक का होगा) को लगभग २३ मीटर (७५ फुट) ऊँचा उठा देगी। यदि सागर के जल मे घोल के रूप में उपस्थित सभी खनिज पदार्थों को जल से बाहर खींच लिया जाए तो खनिज पदार्थों का आयतन समुद्र के तल से ऊपर वर्तमान काल के समस्त स्थलखण्डों के आयतन के लगभग ½ के बराबर होगा।

खनिज पदार्थों के स्रोत (Sources of mineral matters)—नदियाँ निरन्तर समुद्रों मे खनिज पदार्थों को लाती रहती है। हम देख चुके है कि नदियाँ

अधिकांशतः झरनों (springs) से जल प्राप्त करती हैं, और झरनों का जल अधो-भौमिक (underground) अवस्था में चट्टानों से विभिन्न प्रकार के खनिज पदार्थों को अपने में मिला लेता है। सम्भवतः नदियाँ समुद्री खनिज पदार्थों की मुख्य स्रोत हैं, किन्तु समुद्र का जल भी स्वयं अपने नीचे की चट्टानों से खनिज पदार्थों को अपने में घुला लेता है। प्रत्येक वर्ष नदियों द्वारा समुद्र को घोल के रूप मे लाये गये खनिज पदार्थों की मात्रा लगभग २ घन किलोमीटर (आधा घन मील) के बराबर अनुमानित की गयी है।

नदियाँ समुद्रों में खनिज पदार्थों को उन अनुपातों मे नही पहुँचाती है जिनमें कि वे सागरों के जल में पाये जाते हैं। नदी के जल में घुले हुए खनिज पदार्थों में कैल्शियम कारबोनेट (calcium carbonate) सबसे अधिक मात्रा में मिलता है, जबकि साधारण नमक (common salt) उसके छोटे अंगों में से एक है, जिसकी मात्रा इतनी कम होती है कि वह स्वाद द्वारा भी नहीं जानी जा सकती है। फिर भी, सागर के जल मे नमक की मात्रा कैलशियम कारबोनेट की मात्रा की अपेक्षा २०० गुनी अधिक है। यह महान अन्तर एक ऐसा प्रश्न है जिसका उत्तर तलाश करना परमावश्यक है।

यह ध्यान रखना चाहिए कि वे खनिज पदार्थ जो समुद्र में अधिकता से पाये जाते हैं, ऐसे नहीं हैं जो स्थल की चट्टानो मे भी अधिकता से ही पाये जाते हों। स्थल की चट्टानों के वे खनिज पदार्थ जो सरलता से घुलनशील (soluble) होते है, जैसे कैलशियम कारबोनेट, नदी के जल मे घुल जाते है और वहाँ से वे, कम घुलनशील (less soluble) पदार्थों की अपेक्षा अधिक मात्रा में समुद्र तक पहुँच जाते हैं। सागर के जल में पाये जाने वाले अनेक खनिज पदार्थ उसी रूप में नहीं होते है जिस रूप मे वे स्थल की सामान्य चट्टानो में विद्यमान होते हैं, किन्तु उनका निर्माण चट्टानो में स्थित खनिज एवं वायु मे स्थित गैस (gases) (विशेषकर CO_2) के मिश्रण से होता है। उदाहरण के लिए, अनेक ज्वालामुखी चट्टानों मे कैलशियम अनेक प्रकार के जटिल मिश्रणो (combinations) के रूप मे मिलता है। जब ये जटिल सम्मिश्रण टूट जाते है, कैलशियम वायु की कार्बन-डाइ-ऑक्साइड के साथ मिलकर कारबोनेट बनाता है। नदियो द्वारा सागर में ले जाये गये कैलशियम कारबोनेट नाम के इस पदार्थ का यह एक उत्तम स्रोत है। इसके अतिरिक्त, साधारण चट्टानों मे नमक नही होता, किन्तु फिर भी उनमे से कुछ जैसे ग्रेनाइट नाम की चट्टानों मे सोडियम नाम का पदार्थ होता है जो नमक जैसा ही एक तत्त्व होता है। जब सोडियम उस क्लोरीन से मिलता है जो अधिकाश भूमिगत-जल में थोड़ी सी मात्रा में उपस्थित होता है, तो उसके फलस्वरूप नमक बन जाता है। थोड़ा सा नमक प्राप्त करने के लिए काफी अधिक मात्रा में चट्टान की आवश्यकता होती है। अतः समुद्र में विशाल मात्रा मे नमक मिल जाने का अर्थ यह हुआ कि उतने नमक की प्राप्ति के लिए पर्याप्त अधिक मात्रा में चट्टानो का अपक्षयण (erosion) हुआ होगा।

इसके विपरीत, समुद्र मे कुछ खनिज पदार्थ चट्टानो से सरल घोल (simple solution) द्वारा मिल जाते हैं। लाइम कारबोनेट के विषय म यह अधिकाशत सत्य है, जो चूने के पत्थर (limestone) का ही घुला हुआ पदार्थ है।

समुद्र से खनिज पदार्थों का निकाला जाना (Withdrawal of mineral matter from the sea)—सागर के जल मे कुछ पदार्थ घोल के रूप मे मिले रहते है। समुद्र के कुछ जीव अपनी शुक्तिया (shells—कवच), चोल (tests) आदि बनाने के लिए जल मे घुले हुए इन पदार्थो मे से कुछ पदार्थों को निकाल लेते है। अधिकाश शुक्तिया कैलशियम कारबोनेट से बनती है, किन्तु ऐसा प्रतीत होता है कि ये जीव सल्फेट ऑफ कैलशियम को कैलशियम कारबोनेट में बदल कर शुक्तिया बनाने मे समर्थ होते है। अत समुद्र के भीतर पर्याप्त मात्रा म कैलशियम कारबोनेट के आते रहने पर भी उसकी मात्रा अपेक्षाकृत अत्यन्त ही कम है, क्योकि समुद्री जानवर तथा पौधे, जितनी ही शीघ्रता से यह समुद्र मे लाया जाता है लगभग उतनी ही शीघ्रता से इसको कवचो तथा अन्य कठोर भागो के निर्माण के लिए प्रयोग मे लाते रहते है। सिलिका (silica) भी, यद्यपि सागर के जल मे केवल थोडी सी ही मात्रा म मिलती है, कुछ जीवो एव पौधो द्वारा उसी प्रकार से खीच ली जाती है जिस प्रकार से अन्य जीव आदि कैलशियम कारबोनेट को खीच लेते है। इसके विपरीत, नमक समुद्र के किसी भी जीव अथवा पौधे द्वारा प्रयोग म नही लिया जाता है, अत वह जल के साथ घुला हुआ बना रहता है तथा उसकी मात्रा निरन्तर बढती ही जाती है (यदि मानव द्वारा नमक न बनाया जाए), इस प्रकार अतीतकाल से ही समुद्र के भीतर जो नमक पहुँचा है उसका अधिकाश आज भी वहा पर बचा हुआ ज्ञात होता है।

महासागर की आयु (The age of the ocean)—आधुनिक काल मे जिस गति मे नदिया स्थल से समुद्र मे नमक पहुँचा रही है, उसके अनुसार समुद्र के नमक को एकत्रित होने मे लगभग ३७,०० ००,००० वर्ष लग गये होगे। किन्तु यह किसी भी प्रकार से निश्चित नही है कि नमक समुद्र म सदैव वर्तमान गति से ही लाया गया है, और यह निश्चित है कि समुद्र मे लाये गये नमक का कुछ भाग उन महान नमक के स्तरो (beds) के निर्माण के लिए पुन समुद्र म खीच लिया गया है जो पृथ्वी के विभिन्न भागो म विद्यमान है। अत, यद्यपि ३७,००,०० ००० वर्ष का काल समुद्र की निश्चित आयु नही माना जा सकता है, तथापि उससे हमे उस लम्बे काल की अवधि का सकेत अवश्य मिलता है जिसमे महासागर अस्तित्व मे रहा है। कुछ अन्य विचार, जिनका यहा विस्तृत ब्यौरा नही दिया जा सकता है हमें इस निष्कर्ष पर पहुँचाते है कि ऊपर दी हुई सख्या के शायद अत्यधिक बडी होने की अपेक्षा अत्यधिक छोटी जान पडने की सम्भावना है।

समुद्र के जल मे गैसें (Gases in sea water)—सागर के जल म घोल के रूप मे वर्तमान ठोस द्रव्यो के अतिरिक्त अनेक गैसें भी है। सबसे अधिक मात्रा म तो वे ही है जो वायु म प्रचुर मात्रा म पायी जाती है अर्थात् नाइट्रोजन

ऑक्सीजन और कार्वन-डाइ-ऑक्साइड। घोल में इन गैसो की मात्रा स्थान-स्थान एवं समय-समय पर वदलती रहती है, किन्तु अनेक विश्लेपणों (analyses) के औसत से ज्ञात होता है कि सागर के जल मे गैस की सम्पूर्ण मात्रा का लगभग ३७½% नाइट्रोजन, ३३⅓% ऑक्सीजन और १६¼% कार्बोनिक एसिड गैस का है। गैस की समस्त राशि में जो महासागरों के जल मे घुली हुई है, वास्तव में ऑक्सीजन की मात्रा वायु मे स्थित गैस की मात्रा का १/३०० से अधिक है, नाइट्रोजन की मात्रा लगभग १/११०० और कार्वन-डाइ-ऑक्साइड की मात्रा वायु में की मात्रा की अपेक्षा १८ गुनी अधिक है।

सागर के जल मे गैसे मुख्यत. वायुमण्डल से आकर मिलती है, और उनका अनुपात प्रत्येक गैस के दवाव, घुलनशीलता और जल के तापमान द्वारा निर्धारित होता है। ओष्ण (warm) जल की अपेक्षा शीतल जल में गैसें अधिक घुलनशील होती है, और कार्वन-डाइ-ऑक्साइड ऑक्सीजन की अपेक्षा अधिक घुलनशील होती है। ये गैसे जल के तल पर एक वार घुल जाने के पश्चात जल की गतियों एवं प्रसरण (diffusion) द्वारा महासागर के जल मे वितरित हो जाती है। जल में रहने वाले जीवों के द्वारा भी सागर के जल को कार्वन-डाइ-ऑक्साइड की प्राप्ति होती है; यह गैस समुद्रो मे स्थित ज्वालामुखियो के विवरो (vents—मुखो) से भी निकलती है।

जल में स्थित ऑक्सीजन समुद्र मे रहने वाले जीवों द्वारा निरन्तर ही व्यय होती रहती है और इसकी प्राप्ति उतनी ही शीघ्रता से वायु मे से घोल द्वारा नयी वनी रहती है। सागर के जल की वढती हुई गहराई के साथ जल मे स्थित ऑक्सीजन की मात्रा यहाँ तक कम होती जाती है कि अधिक गहराइयो मे इसका अभाव ही हो जाता है। इस अभाव के कारण ही सम्भवतः वहाँ पर प्राणी जीवन की भी अधिकता नहीं है। यद्यपि प्रसरण (diffusion) की क्रिया निरन्तर नीचे की ओर को होती है, तथापि यह अति मन्द गति से होती है। जल की नाइट्रोजन किसी काम मे नही आती है और वह सम्भवत· घोल के रूप मे वर्पो और युगो से पड़ी है। समुद्र की कार्वन-डाइ-ऑक्साइड समुद्र के कुछ पौधो द्वारा व्यय की जाती है, और समुद्री जीवो तथा ज्वालामुखी के मुखों द्वारा निकाली गयी कुछ वायु मे मिल जाती है। वायु मे स्थित कार्वन-डाइ-ऑक्साइड का यह एक स्रोत है।

जल मे घुली हुई गैसे जल के परिमाण को अधिक प्रभावित नही करती है, यद्यपि वे उसमे तनिक वृद्धि अवश्य करती है।

सागर के जल की लवणता (खारीपन), घनत्व और गति (Salinity, density and movement)—सागरो के विभिन्न भागो के जल मे नमक एव अन्य खनिज पदार्थो की मात्राएँ तनिक भिन्न-भिन्न होती है। इस भेद के कई कारण है—(१) कुछ स्थानों मे अन्य स्थानो की अपेक्षा वाष्पीकरण अधिक तेजी से होता है। चूंकि जव सागर के जल का वाष्पीकरण होता है तो जल मे घुले हुए लवण पीछे छूट जाते है, अत. जहाँ अधिक वाष्पीकरण होता है वहाँ का जल अधिक खारी हो जाता है। घोल में खनिज पदार्थ की मात्रा जितनी ही अधिक होती है, जल का घनत्व

उतना ही अधिक होता है, (२) जहा वर्षा अधिक होती है वहा पानी मीठा होता रहता है और वह अधिक हलका हो जाता है, (३) जहा नदिया समुद्र मे प्रवेश करती है, वहा वे मीठा जल ले आती है जो खारी जल के साथ मिलकर उसको अधिक हलका बना देता है।

उपर्युक्त सभी प्रकारो मे महासागर के शीर्ष पर सागर के जल की लवणता निरन्तर बदलती रहती है। लवणता का प्रत्येक परिवर्तन जल के घनत्व को बदल देता है, और असमान घनत्व ही जल के सचलन (movement—गति) का कारण बन जाता है। जब तल का जल नीचे के जल की अपेक्षा अधिक घना हो जाता है, तो वह नीचे को डूब जाता है, और चारो ओर से अधिक हलका जल उसके ऊपर आ जाता है। जब तल का जल उसी स्तर पर पास-पडोस के जल की अपेक्षा कम घना हो जाता है तब अधिक भारी जल हलके जल को उसके स्थान से हटा देता है और उसको तल पर फैल जाने के लिए बाध्य कर देता है, इसका कारण भी ठीक वैसा ही होना है जैसा कि तेल का जल के ऊपर फैलने का होना है। चूकि जल की लवणता मे निरन्तर भेद उत्पन्न होते रहते है, अत लवणता की विषमताओ से उत्पन्न घनत्व की विषमताओ के कारण होने वाली गति स्थायी होती है। इस प्रकार उत्पन्न गतिया उदग्र (vertical) होती है तथा कुछ अशो मे क्षैतिज भी। ये सामान्यतया इतनी मन्द होती है कि वे अदृश्य रहती है, और वास्तव मे उनको उचित रूप मे 'क्रीप' (creep—सर्प की भाति रेंगने की क्रिया) कहा जा सकता है।

कतिपय अवस्थाओ मे जल का घनत्व
(Density of Water under Certain Conditions)

३९ ६° फा० पर शुद्ध जल का घनत्व १ ००

२१२° फा० पर शुद्ध जल का घनत्व ९५

६०° फा० पर सागर के तल पर जल का घनत्व १ ०२४ से १ ०३ तक

८ किलोमीटर (५ मील) नीचे सागर के जल का घनत्व १ ०६

लवणता और रग (Salinity and colour)—सागर का जल साधारणतया नीला अथवा हरा होता है किन्तु इसका रग स्थान स्थान एव समय समय पर बदलता रहता है। अनेक पर्यवेक्षणो (observations) से ऐसा सकेत मिलता हुआ ज्ञात होता है कि सागर के जल का नीला रग लवणता की वृद्धि द्वारा अधिक गहरा हो जाता है। गल्फ स्टीम की धारा लब्रेडार के समीप की कम खारी शीतल धारा की अपेक्षा स्पष्टत अधिक नीली है, और भूमध्यसागर के समान स्थल मे स्थित सागर जो खुले हुए महासागर की अपेक्षा अधिक खारी है, अधिक गहरे नीले रग के है। उच्च अक्षाशो के शीतल एव कम खारी समुद्र प्राय स्पष्टत हरे रग के है। जल मे आलम्बन (suspension) के रूप मे ठोस पदार्थों के कारण भी रग के कुछ भेद हो जाते हैं। छोटे-छोटे जीवधारी एव पौधे, और स्थल मे घुलकर अथवा उडाकर लाया गया तलछट अथवा समुद्र के नीचे स्थित विस्फोटक (explosive), ज्वालामुखियो द्वारा उत्पन्न तलछट आदि सभी वस्तुऐं स्पष्ट दिखाई देने वाले जल के रगो का

प्रभावित करती है। आकाश की स्वच्छता भी जल के रंग को प्रभावित करती है, जब सूर्य चमकता है तो रग अति भिन्न-भिन्न आभाओ (hues) को धारण करता है और जब आकाश बादलो से घिरा हुआ होता है तो अन्य आभाएँ दिखाई देती है।

सागर का तापमान
(Temperature of the Sea)

सागर के तापमान का विचार करते समय, उसके तल पर तथा नीचे के, दोनो ही तापमानो का विचार करना चाहिए।

तल पर (At the surface)—सामान्यत: महासागरो के जलो के तल का तापमान भूमध्यरेखा से ध्रुवो की ओर उसी प्रकार कम होता जाता है जैसे कि वह स्थल पर होता जाता है (**चित्र ४७३**)। यह भूमध्यरेखीय प्रदेशो में लगभग ८०° फा० से ध्रुवीय प्रदेशो मे लगभग २८° फा० तक भिन्न होता है। तापमान जब २८° फा० से नीचे गिरता है, तब सागरो का जल जम जाया करता है और हिम के तल का तापमान उतना नीचा गिर सकता है जितना कि उसके ऊपर की वायु का तापमान नीचे गिर जाता है, किन्तु हिम के ठीक नीचे के जल का तापमान २८° फा० से अधिक नीचे नही गिरता है। अक्षाश की वृद्धि के साथ तापमान का घटाव कभी भी नियमित नहीं है, जैसा कि समतापी रेखाचित्रों द्वारा स्पष्ट है। उदाहरण के लिए, **चित्र ४७४** और ४७५ मे महासागर के ऊपर समतापी रेखाएँ (isothermal lines) अक्षांश की समानान्तरो के साथ कदापि समानान्तर नही है।

महासागर के ऊपर समतापी रेखाएँ अक्षाश की समानान्तरों से स्पष्ट रूप मे असमानान्तर है, इसके कई कारण है। यह असमानान्तरता खुले हुए महासागर मे मुख्य रूप से महासागर की धाराओ के कारण होती है। इन धाराओ मे से कुछ धाराएँ ऐसे जल की धाराएँ होती हैं जो अपने से अधिक ओष्ण (warm) जल में बहता होता है. और कुछ धाराएँ ऐसे जल की धाराएँ होती है जो अपने से अधिक शीतल जल में बहता होता है। पहली दशा की धाराएँ शीतल धाराएँ, और द्वितीय प्रकार की गरम धाराएँ कहलाती है। शीतल धारा किसी समताप रेखा को भूमध्यरेखा की ओर, और गरम धारा किसी समताप रेखा को ध्रुवो की ओर मोड़ देती है। **चित्र ४७४**, उत्तरी अटलाण्टिक महासागर मे समताप रेखाओं की स्थिति पर उष्ण धारा के प्रभाव का उत्तम उदाहरण है।

अन्य ऐसे कारण है जिनसे भूमध्यरेखा से ध्रुवो तक महासागर के तल के जल का तापमान स्थिर गति से कम नही हो पाता है। वे ये है—(१) समुद्र मे प्रवेश करने वाली नदियाँ उस सागर के जल की अपेक्षा, जिसमे कि वे प्रवेश करती है, कभी-कभी (विशेषत ग्रीष्म मे) अधिक उष्ण होती है, और कभी-कभी (विशेषत जाडो मे) अधिक शीतल होती है। अत. नदियाँ भी सागर के तल के जल के तापमानों मे भिन्नता उत्पन्न करने मे सहायक हो जाती है; और (२) निचले अक्षांशो मे घिरी हुई अथवा अंशत. घिरी हुई समुद्र की शाखाएँ (arms) उसी अक्षांश मे खुले हुए महासागर की अपेक्षा अधिक उष्ण होती है, और ऐसी अवस्थाओ में सागर के

तापमान उच्चतम पाये जाते हैं। लालसागर के तल का तापमान कभी कभी ९०° अथवा १००° फा० भी होता है।

तापमान एवं संचलन (Temperature and movement)—यदि शीतल एवं ओष्ण जल समान रूप से भारी हों तो शीतल जल की अपेक्षा ओष्ण जल अधिक हलका होता है। अतः विषम तलों के तापमान तल के जल में संचलन (गति) उत्पन्न करते है। इस प्रकार से उत्पन्न गति स्वभावतः उच्च अक्षाशों के अधिक शीतल जल द्वारा निचले अक्षाशों में उसी स्तर (level) के अधिक उष्ण जल का विस्थापित (displace) करने का कारण बन जाती है, और निचले अक्षाशों का अधिक उष्ण जल तल के ऊपर विस्तृत रूप में फैल जाता है। अतः यह गति चक्र के आकार की (circulatory) होती है। इस प्रकार से उत्पन्न गतियाँ सदैव मन्द होती है, किन्तु तल का तापमान असमान तापन, नदियों के प्रवेश और पिघलती हुई हिम के कारण निरन्तर विषम बना रहता है, अतः तापमान में निरन्तर नयी नयी विषमताएँ उत्पन्न होती रहती हैं, जिनके कारण तल के जल का निरन्तर गतिमान होते रहना अनिवार्य है।

तापमान में दैनिक एवं ऋतु के अनुसार परिवर्तन होते रहते हैं, समुद्र का तल इन तापमानों के परिवर्तनों से प्रभावित हुआ करता है। दोनों ही अवस्थाओं (दैनिक एवं ऋतु) में, समुद्र के तल के तापमानों का परिवर्तन उसी अक्षांश पर स्थित स्थल के तापमान के परिवर्तन की अपेक्षा कम हुआ करता है।

तल के नीचे का तापमान (Temperature beneath the surface)—केवल उन स्थानों को छोड़कर जहाँ समुद्र के तल का जल हिमांक पर अथवा हिमांक के समीप होता है, शेष स्थानों में समुद्र की बढ़ती हुई गहराई के साथ तापमान अधिक शीतल होता जाता है। जहाँ पर तल का जल उष्णतम भी होता है, वहाँ कुछ सौ फैदम (fathoms) की गहराई पर (८०० फैदम से शायद ही अधिक, और सामान्यत बहुत कम) जल का तापमान ४०° फा० से नीचे रहता है, और नितल पर और भी अधिक शीतल होता है। निम्न सारणी समुद्र की विभिन्न गहराइयों पर समुद्र के औसत तापमान को प्रकट करती है—

गहराई		तापमान
मीटर	फुट	फा०
१८०	६००	६०७°
३६०	१,२००	५०० °
९००	३,०००	४११°
१,८००	६,०००	३६५°
३,९६०	१३,२००	३५२°

यह अनुमान किया जाता है कि महासागर के जल के $\frac{9}{१०}$ भाग से अधिक जल का तापमान ४०° फा० से अधिक ऊँचा नही होता है, यद्यपि इसका औसत तापमान सम्भवतः ३९° फा० से नीचे है। सागर के गहरे नितल पर का तापमान अधिकाशतः ३५° फा० से नीचे रहता है। सागर के नितल के वे भाग जहाँ तापमान ४०° फा० तक है, केवल वे ही समुद्र है जहाँ या तो जल उथला है, अथवा वे क्षेत्र निचले अक्षाशों मे है। इस प्रकार के क्षेत्र सम्पूर्ण सागर के क्षेत्रफल के ८% से अधिक नही है। **चित्र ५९२** दक्षिणी अटलाण्टिक के एक तापमान वक्र को प्रदर्शित करता है और सामान्यत महासागरो की उत्तम और आदर्श दशा का सूचक है। इससे २०० और ४०० फैदम की गहराइयो के वीच तापमान की महान निचाई प्रकट होती है। **चित्र ५९३** का वक्र कम सामान्य (less normal) होते हुए भी पर्याप्त ध्यानाकर्षी (striking) है। ऐसे स्थानो मे शीतल जल तल के समीप (१०० फैदम तक) आ जाता है।

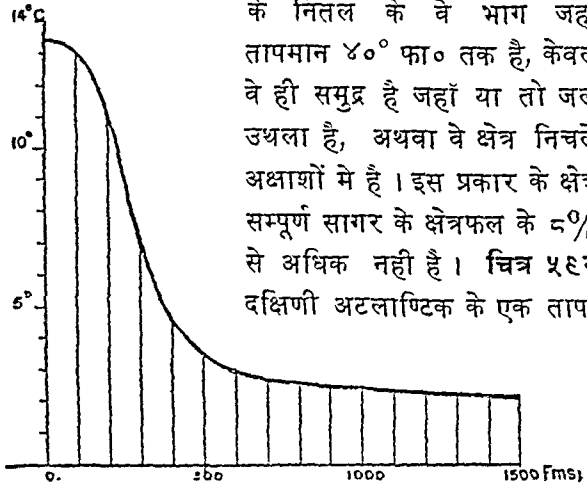



Fig. 592
A temperature curve in the South Atlantic; latitude 35°59′ S , longitude 1°34′ E. The numbers at the bottom represent depths in fathoms. (*Challenger Report*)

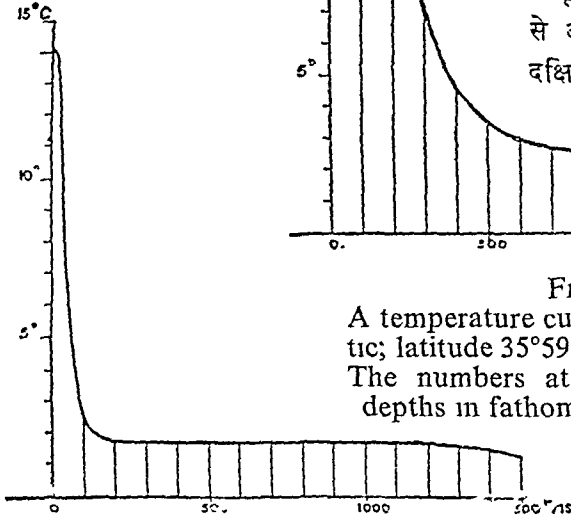



Fig. 593
Temperature curve for the South Atlantic, where the water is affected by the Antarctic current; latitude 42° 32′ S., longitude 56°27′ W. (*Challenger Report*)

समुद्र का तापमान तल से नीचे प्रत्येक स्थान पर स्थिर गति से कम नही होता है। तल के नीचे स्पष्ट धाराएँ न्यूनाधिक होती हैं, इनमें से कुछ अपने पास-पडोस की अपेक्षा अधिक ओष्ण और कुछ अधिक शीतल होती है।

निचले अक्षाशो मे, घिरे हुए सागरो के अधिक गहरे भागो के तापमान और खुले हुए सागर के अधिक गहरे भागो के तापमानो के वीच आश्चर्यजनक भिन्नता होती है। उदाहरण के लिए, लालसागर का तापमान तल पर ९०° फा० या अधिक की अपेक्षा ३६० मीटर (१,२०० फुट) की गहराई पर ७०° फा० तक कम हो जाता है, और तव १,०८० मीटर (३,६०० फुट) की गहराई मे नितल तक लगभग स्थिर

रहना है (चित्र ५९४)। भूमध्यसागर के तल पर का तापमान ७४° फा० के आस पास की अपेक्षा २२५ मीटर (७४० फुट) की गहराई पर ५५° फा० तक गिर जाता है, और फिर ३,९०० मीटर (१३००० फुट) में नितल तक वस्तुत स्थिर रहता है, जबकि बाहर के महासागर में उसके अधिक गहरे भागों में वह ३७° फा० तक गिर जाता है। इन घिरे हुए सागरों के गहरे जल का उच्च तापमान उन जल में डूबी हुई रुकावटों के कारण है जो अंशत उनको महासागर से अलग कर देती है और

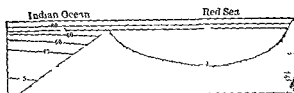



Fig 594
Diagrammatic section of Red Sea and the adjacent part of the Indian Ocean to illustrate the effect of a barrier on the temperature of the waters The temperature is expressed in degrees Fahrenheit The numbers at the left show depth in fathoms

अधिक शीतल, और इसी कारण अधिक घन जल को भीतर आने देने और द्रोणी के शीर्ष के नीचे के अधिक उष्ण एवं अधिक हलके जल का विस्थापित (displace) करने से रोकती है (चित्र ५९४)। सामान्यत घिरे हुए सागरों के नितल का तापमान लगभग वही होता है जो जलमग्न रुकावट के शीर्ष के उसी स्तर पर सटे हुए सागर के जल का तापमान होता है।

इन तथा अन्य समान दशाओं में स्थित द्रोणियों के दृश्यों से विदित होता है कि निचले अक्षांशों में किसी घिरी हुई जलराशि के ऊपर चमकता हुआ सूर्य कुछ समय में उसको नितल तक गरम कर सकता है, यह दशा गहरे जल में भी उत्पन्न हो सकती है। इसलिए महासागर का नीचा एवं औसत तापमान इसलिए नहीं होता है कि सूर्य उसको गरम करने में असमर्थ होता है।

सागर के जल की विशाल राशि के तापमान नीचे होते है, इसके कारणों को सरलता से समझा जा सकता है। (१) कुछ ऐसी गहराइयों तक जो ६० मीटर (२०० फुट) से ९० मीटर (३०० फुट) तक अथवा कुछ और अधिक की है, सूर्य की गर्मी का प्रत्यक्ष प्रभाव अति थोडा होता है, यहा तक कि १८० मीटर (६०० फुट) से नीचे यह प्रभाव बिलकुल ही नहीं होता है। वास्तव में यह अकेला एक कारण ही महासागर की सम्पूर्ण जलराशि के निम्न तापमान की व्याख्या नहीं करता जैसा कि घिरी हुई द्रोणियों की प्राकृतिक घटना से स्पष्ट है किन्तु यह समस्या का केवल एक पहलू है। संवाहन की मन्द क्रिया (जल के भीतर) के द्वारा भी, महासागर को उसके नितल तक गरम कर सकने के लिए सूर्य पर्याप्त लम्बे काल

२१

सागर के जल का सचलन
(MOVEMENTS OF SEA WATER)

गतियो के कारण
(Causes of Movements)

हम देख चुके है कि सागर के जल मे घनत्व (density) की असमानताएँ मुख्यत (१) असमान लवणता (unequal salinity) और (२) असमान तापमान (unequal temperature) के कारण उत्पन्न होती है, और यह कि ये विषमताएँ स्वय भी समुद्र के जल का एक स्थायी किन्तु मन्द सचार (circulation) निर्धारित कर देती है। सचलन (movement—गति) के उत्पन्न होने के अन्य कारण भी है, जिनमे से मुख्य निम्न है—(३) स्तर की विषमताएँ (inequalities of level), (४) पवन, और (५) आकाशीय पिण्डो (heavenly bodies), विशेषत चन्द्रमा और सूर्य का अन्तरयुक्त आकर्षण (differential attraction)। इनके अतिरिक्त (६) कुछ आकस्मिक (occasional) कारण भी होते है, जैसे कि भूचाल (earthquakes), सागर के भीतर के ज्वालामुखीय विस्फोट (volcanic explosions) तल पर के भू-स्खलन (landslides on coasts) आदि, जो अस्थायी और कभी-कभी विनाशकारी गतियो को उत्पन्न करते हैं। (१) और (२) के प्रभावो का वर्णन पहले ही किया जा चुका है।

स्तर की असमता से उत्पन्न सचलन (Movements due to inequalities of level)—स्तर की असमानताओ मे उत्पन्न गतियो के कारण ये हैं—(१) स्थल का जल जिस स्थान पर समुद्र मे प्रवेश करता है उस स्थान पर वह समुद्र के तल को ऊँचा उठा देता है, (२) पवन जिन तटो के विपरीत चलती है, जल को उन तटो पर एकत्र कर देती है, (३) विभिन्न प्रकार की वर्षा तल को वहा सबसे अधिक ऊँचा उठा देती है जहा अधिक वर्षा होती है, (४) असमान वाष्पीकरण तल को वहाँ सबसे अधिक नीचा कर देता है, जहाँ वह अधिकतम होता है, और (५) वायुमण्डलीय दवाव की असमानता जहा वायुमण्डलीय दवाव ऊँचा होता है वहा जल का तल तनिक नीचे को दब जाता है।

स्तर की ऐसी सभी विभिन्नताऐं समुद्र के तल म गति उत्पन्न करती हैं। इस प्रकार की गतिया साधारणतया मन्द होती हैं। जहा तक कि वर्षा, वाष्पीकरण की भिन्नता और वायुमण्डलीय दवाव की भिन्नता मे उत्पन्न गतियो का प्रश्न है, वे

सामान्यतः अदृश्य होती हैं। नदियों द्वारा लाये गये जल से उत्पन्न संचलन अधिक स्पष्ट होता है, और बड़ी नदियों के विषय में तट से कुछ दूरी तक स्पष्टतया ज्ञात होता है। जब पवन द्वारा किसी तट के विरुद्ध जल का एकत्रीकरण (piling) होता है तब शीघ्र ही अथवा देर में एक वापसी गति (return movement) भी होती है जो जल के तल को पुनः समतल बना देती है। भारत के तट पर १८६४ (५ अक्टूबर) में एक तूफान के समय कलकत्ता में जल २४ फुट ऊँचा उठ गया था जिसमें ४८,००० व्यक्ति डूब गये थे। गैल्वेस्टन (Galveston) के तूफान में जल के तल का उठाव, जिसका वर्णन पहले आ चुका है, सर्वाधिक विनाशकारी था। जल का उठाव अंशतः पवन और अंशतः नगर के ऊपर व्याप्त निम्न वायुमण्डलीय दबाव के कारण था।

चूँकि स्तर की विषमताओं को उत्पन्न करने वाले अनेक कारण निरन्तर क्रियाशील रहते हैं, अतः यह निष्कर्ष निकलता है कि स्तर की विषमताओं द्वारा उत्पन्न गतियाँ सदा ही स्थायी होती हैं।

यह स्मरण होगा कि स्थल के खण्डों के आकर्षण के कारण भी स्तर की विभिन्नताएँ उत्पन्न होती हैं। ये विषमताएँ कुछ अर्थों में स्थायी है, अतः वे सागर के जल में संचार उत्पन्न नहीं करती हैं।

पवन के कारण उत्पन्न संचलन (Movements due to wind)—ऊपर कहा गया है कि पवनें स्तर की अस्थायी विभिन्नताओं को जन्म देती हैं, किन्तु इसके अतिरिक्त वे जल को अन्य प्रकार से भी प्रभावित करती हैं। उनका सर्वाधिक परिचित प्रभाव लहरों को उत्पन्न करने मे है, किन्तु जब वायु शीघ्रता से जल के ऊपर बहती है तो वह अपने साथ अपने नीचे तल के जल को भी खीच ले जाती है। चूँकि पवनें सदैव ही चला करती हैं, अतः जिन गतियो को वे जन्म देती हैं वे सदैव होती रहती हैं। जब पवन की कोई एक न्यूनाधिक स्थायी दिशा होती है, जैसा कि व्यापारिक पवनों के प्रदेश में है, तब उसी दिशा में तल के जल की कुछ स्थायी गति अवश्य होती है। एक दिशा मे होने वाली निरन्तर गति अनिवार्य रूप मे एक वापसी गति उत्पन्न करती है और दोनों गतियाँ मिलकर एक **संचार** (circulation) का निर्माण करती हैं।

सूर्य एवं चन्द्रमा के भेदीय आकर्षण से उत्पन्न संचलन (Movements due to differential attraction of sun and moon)—सूर्य, पृथ्वी, चन्द्रमा आदि पिण्ड अपने आकार के अनुपात से एक-दूसरे पिण्ड को आकर्षित करते हैं, और विपरीत क्रम में (inversely) एक-दूसरे से अपनी दूरियों के वर्गों के अनुसार एक-दूसरे को आकर्षित करते हैं; अर्थात् कोई पिण्ड जो दूसरे से दो गुना स्थूल है, **समान दूरी पर** दो गुनी आकर्षण शक्ति रखता है, और यदि किसी निश्चित मात्रा के दो पिण्डो में से एक, किसी तीसरे पिण्ड से दूसरे की अपेक्षा दो गुनी अधिक दूरी पर हो, तो तीसरे पिण्ड पर उनकी आकर्षण शक्ति का एक-दूसरे का अनुपात $\frac{1}{4}$: १ ($\frac{1}{2}^2$: १) होगा।

चन्द्रमा की ओर का पृथ्वी का भाग पृथ्वी के केन्द्र की अपेक्षा चन्द्रमा के अधिक समीप होता है, अत वह केन्द्र की अपेक्षा अधिक तीव्रता से चन्द्रमा की ओर आकर्षित होता है। इसके विपरीत, पृथ्वी का विपरीत भाग (side—पार्श्व) केन्द्र की अपेक्षा कम आकर्षित होता है। आकर्षण की इन विषमताओं के कारण तल के चचल जल मे हलचल उत्पन्न हो जाती है। सूर्य का आकर्षण इसके ही समान, किन्तु कम स्पष्ट, प्रभाव उत्पन्न करता है। पृथ्वी के विभिन्न भागों पर चन्द्रमा एव सूर्य के आकर्षण की ये विषमताएँ उन गतियों (movements—सचलनों) को जन्म देती है जिन्हे **ज्वार भाटा** कहा जाता है।

अवसर विशेष के कारणो द्वारा सचलन (Movements due to occasional causes)—इस वर्ग मे कुछ सामयिक एव आकस्मिक कारणों से उत्पन्न गतिया आती है जो कभी-कभी प्रचण्ड तरग गतिया उत्पन्न करती है जो केवल कुछ थोडे से ही समय तक रहा करती है। उनके स्वभाव एव प्रभाव के उदाहरण भूचालो के सम्बन्ध म पहले ही दिये जा चुके है। तटो के समीप के भू-स्खलन, समुद्र के भीतर ज्वालामुखियो के उद्गार आदि भी समुद्र के जल मे प्रचण्ड किन्तु अस्थायी गतिया उत्पन्न करते हैं।

सचलन के प्रकार
(Types of Movements)

इन विभिन्न कारणो से उत्पन्न होने वाले सामान्य प्रकार के सचलन निम्न है—(१) अपन **अधोवाह** (undertow) एव **तटीय अथवा समुद्रतटीय धाराओ** (shore or littoral currents) सहित लहरें, (२) **सागरीय धाराएँ** (ocean currents), (३) **अपोढ** (drift—मन्द अस्पष्ट धाराएँ), (४) **सपण** (creep—ऐसी गतिया जो दखने मे अति मन्द होती है), और (५) **ज्वार भाटा** (tides)। प्रथम दो और अन्तिम, तीसरी एव चौथी की अपेक्षा अधिक स्पष्ट होती है, और कम स्पष्ट गतिया का महत्त्व प्राय भुला दिया जाता है।

लहरें (Waves)

लहरो की प्रकृति एव उनके कार्य के विषय मे पहले ही बताया जा चुका है। चूकि लहरो मे जल साधारणतया आगे नही बढता है, अत महासागर के जल का कोई सामान्य सचार लहरो म शामिल नही होता। लहरो के कार्य के विषय म जो कुछ कहा गया है उसके अतिरिक्त यह कहा जा सकता है कि औसत रूप मे समुद्र *जितने स्थल का निक्षेपण (deposition) द्वारा निर्माण करता है उसकी अपेक्षा* अधिक स्थल का अपक्षरण (erosion) द्वारा नष्ट भी करता है अत यदि अन्य कोई व्यवधान (रुकावट) न आये तो समुद्र अपने तटो को और अपने निरन्तर कटाव द्वारा अन्त मे समस्त स्थलखण्ड को नष्ट कर देगा। इस बात का सकेत किया जा चुका है कि तटो की विशाल असमानताओं को तरगो द्वारा होने वाला अपक्षरण समाप्त कर दिया करता है, किन्तु वह छोटी छोटी विषमताओं का समाप्त नहीं कर

पाता है। पर्याप्त समय के बीत जाने पर तटो के समीप किया गया निक्षेपण भी तट की व्यवस्था को विकसित करता है, किन्तु अस्थायी रूप में निक्षेपण द्वारा तट अति अनियमित बन सकता है। समग्र रूप मे (on the whole), तटीय क्रियाओ का अन्तिम प्रभाव तटो को अधिक सुव्यवस्थित (regular) बनाने वाला होता है, यद्यपि आरम्भ मे उनमे पर्याप्त अव्यवस्था हो सकती है।

धाराएँ (Currents)

महासागरो के विभिन्न भागों मे न्यूनाधिक रूप मे (more or less) स्पष्ट धाराएँ होती है। जलयात्रा करने वाले पालदार जहाजो के मार्ग पर बहते हुए जल के प्रभाव द्वारा सर्वप्रथम उनका ज्ञान हुआ था। विभिन्न अन्य प्रकारों से, जैसे कि उनमे रखी गयी तैरने वाली बोतले उनके मार्ग का अनुसरण करती है, उनकी दिशाएँ सिद्ध हो चुकी है।

अधिक प्रसिद्ध धाराएँ सागर के तल पर होती है, जो कई सौ मीटर की गहराई तक नीचे की ओर फैली रहती है; किन्तु कुछ धाराएँ तल के नीचे भी होती है, जैसा कि तापमानो के भेदो तथा कुछ अन्य प्राकृतिक घटनाओं द्वारा प्रकट होता है। स्थल पर प्रवाहित धाराओं की अपेक्षा महासागर की धाराएँ बहुत कम स्पष्ट

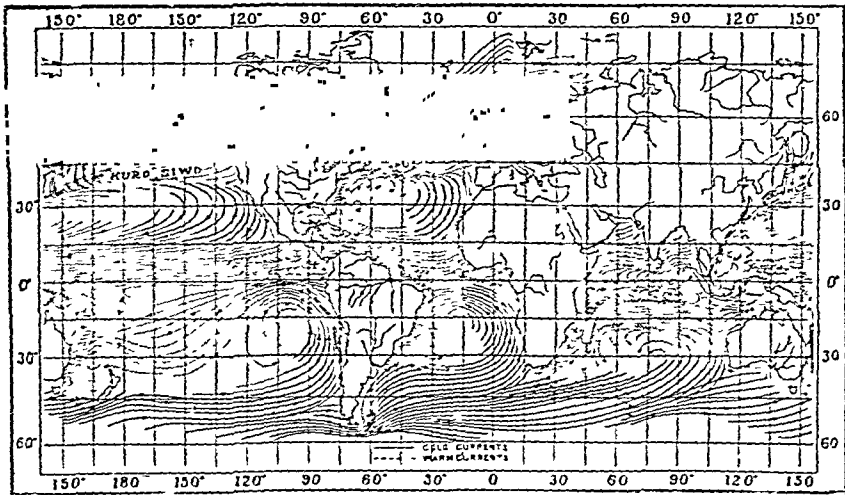



Fig. 595
Ocean currents and drifts.

होती है, क्योकि महासागर की धाराएँ तरल द्रव के मध्य बहती है जबकि स्थल की धाराएँ ठोस किनारो के बीच ठोस स्तरो (beds) के ऊपर से बहती है। महासागरो में जितनी गतियाँ होती है उनमे से धाराएँ सबसे अधिक स्पष्ट गतियाँ होती है।

चित्र ५९५ सागर के तल के जल की गतियो के सामान्य मार्ग को प्रकट करता है। चित्र तल के जल के एक विशाल भाग को संचलन मे लगा हुआ उपस्थित

करता है। अटलाण्टिक एवं प्रशान्त दोनों महासागरों में निम्न अक्षांशों में तल के जल की गति पश्चिम की ओर को है। ये **भूमध्यरेखीय धाराएँ** (equatorial currents) अथवा **अपोढ** (drifts) हैं, जैसा कि उनको कभी-कभी कहा जाता है। प्रत्येक महासागर में दो दो अपोढ हैं, और उनके बीच बीच में एक एक सकीर्ण प्रतिधारा (counter-current) पूर्व की ओर को बहती है। दक्षिणी अमरीका के समीप पहुँच जाने पर अटलाण्टिक की भूमध्यरेखीय धाराएँ विलग हो जाती हैं, एक भाग दक्षिण-पश्चिम की ओर दूसरा उत्तर पश्चिम को घूम जाता है। दूसरे भाग का एक भाग कैरीबियन सागर के मध्य से बहता हुआ मैक्सिको की खाड़ी में जाता है। खाड़ी से एक सुस्पष्ट धारा, गल्फ स्ट्रीम (Gulf Stream), क्यूबा और फ्लोरिडा के बीच के सकीर्ण भाग में होकर बाहर निकलती है। इसमें जो जल आता है वह अंशत उस जल से आता है जो भूमध्यरेखीय अपोढ से खाड़ी में आता है, और अंशत उस जल की विशाल मात्रा से आता है जो स्थल से खाड़ी में प्रवेश करता है। खाड़ी से निकलने वाली धारा जहाँ पर वह अधिकतम वेग से बहती है, प्रति घण्टा ७ किलोमीटर (४ मील) से अधिक वेग के साथ बहती है।

फ्लोरिडा और क्यूबा के बीच अपने सकीर्ण उथले जलमार्ग से बाहर निकलने पर गल्फ स्ट्रीम अधिक चौड़ी एवं गहरी हो जाती है। धारा अपने नीचे वाले एवं बगल वाले चलते हुए जल को अपने साथ खींच ले जाती है, और जैसे जैसे जल अधिक होता जाता है वैसे ही वैसे इसकी आगे को बढ़ने की गति मन्द होती जाती है। खुले हुए महासागर में इसके चलने की गति सम्भवत प्रतिदिन १६ किलोमीटर (१० मील) से २३ किलोमीटर (१५ मील) तक से अधिक नहीं है। ज्यों ही ज्यों धारा मन्द होती जाती है, उसकी सीमाएँ अस्पष्ट होती जाती हैं। खुले महासागर में इसका पता इसकी गति की अपेक्षा इसके तापमान, रंग, जीवन आदि द्वारा अधिक सरलता से लग जाता है।

खाड़ी को छोड़ने के बाद गल्फ स्ट्रीम पूर्व की ओर को घूम जाने की एक स्पष्ट प्रवृत्ति प्रकट करती है। इस प्रवृत्ति के अनुसार यह अटलाण्टिक को पार करती है, और जिस अक्षांश में यह अमरीका का त्याग करती है उसकी अपेक्षा ऊँचे अक्षांश में यूरोप के तट के समीप पहुँचती है। यहाँ पर यह कई भागों में बँट जाती है और दूर तक फैल जाती है। इस स्थान तक पहुँचने से बहुत पहले ही, यह एक स्पष्ट धारा के स्वरूप का त्याग देती है और तब इसको वास्तव में एक सामान्य किन्तु विस्तृत अपोढ समझना चाहिए।

भूमध्यरेखीय अपोढ का वह भाग जो दक्षिणी अमरीका के तट पर दक्षिण की ओर को घूम जाता है, पहले तो महाद्वीप के तट के साथ साथ चलता है, किन्तु शीघ्र ही बायीं ओर को घूम जाने की प्रवृत्ति दिखाता है (चित्र ५६५)।

प्रशान्त महासागर के भूमध्यरेखीय अपोढ भी इसी प्रकार के मार्गों का अनुसरण करते हैं। अटलाण्टिक की गल्फ स्ट्रीम के समान की धारा के भाग को यहाँ पर जापान की धारा कहते हैं। हिन्द महासागर में भूमध्यरेखा के दक्षिण में

एक स्पष्ट भूमध्यरेखीय अपोढ़ है, और उसका मार्ग अन्य महासागरों के उसी के अनुसार के-अपोढ़ों के दक्षिणी भाग के अपोढ़ के मार्ग के समान नहीं है।

निचले अक्षांशों से ध्रुवों की ओर को चलने वाली समस्त धाराएँ गरम जल से युक्त होती हैं और उनको **ओष्ण धाराएँ** (warm currents) कहते हैं; ये धाराएँ आगे चलकर शीतल जल में प्रवेश करती हैं।

गरम धाराएँ ध्रुवों की ओर चलते-चलते फिर भूमध्यरेखा (दक्षिण) की ओर को चलने के लिए बाध्य हो जाती हैं, और यह प्रवाह उच्च एवं निम्न अक्षांशों में तापमान की विभिन्नताओं द्वारा बलवान बन जाता है। भूमध्यरेखा की ओर आने वाले शीतल जल उत्तरी गोलार्द्ध में दाहिनी ओर और दक्षिणी गोलार्द्ध में बायीं ओर को घूम जाते हैं, और इस झुकाव (deflection) के कारण दोनों गोलार्द्धों में महाद्वीपों के पूर्वी तटों पर जल का जमाव हो जाता है। दक्षिणी प्रशान्त महासागर में दक्षिणी अमरीका के पश्चिमी तट पर शीतल अपोढ़ का प्रभाव भूमध्यरेखा तक भी अनुभव किया जाता है।

भूमध्यरेखा की ओर को आने वाली धाराएँ उन अक्षांशों से आरम्भ होती हैं जहाँ हिम की अधिकता रहती है। वे शीतल होती हैं, किन्तु इतनी खारी नहीं होतीं (ग्रीष्म में) जितना कि सामान्य सागर का जल हुआ करता है। अतः अपने तापमान के कारण उनके जल को औसत सागर-जल की अपेक्षा अधिक घना होना चाहिए; किन्तु उसमें नमक का अभाव होने के कारण वह सामान्य सागर के जल की अपेक्षा कम सघन होता है। जैसे-जैसे जल भूमध्यरेखा की ओर बढ़ता है, वैसे ही वैसे वह अधिकाधिक ओष्ण और खारी होता जाता है, और अन्त में उसमें इतनी लवणता आ जाती है कि वह नीचे को बैठकर एक निचली ठण्डी धारा के रूप में भूमध्यरेखा की ओर अपने प्रवाह को जारी रखता है। इसके विपरीत, ध्रुवों की ओर को चलने वाली (उष्ण) धाराएँ निचले अक्षांशों में तल की धाराओं के रूप में विकसित होती हैं और उनमें लवणता की तनिक अधिकता के होते हुए भी अपने उच्च तापमान के कारण वे तल पर बनी रहती हैं। किन्तु अपनी ध्रुवीय यात्रा में वे अधिक शीतल, अधिक मीठे पानी की धारा के नीचे डूब सकती हैं, और नीचे ही नीचे बहने वाली ओष्ण धारा (warm under-currents) के रूप में जारी रह सकती है। दोनों प्रकार की नीचे बहने वाली धाराओं (under-currents) का पता उन तापमापियों (thermometers) द्वारा लगता है जो तल के नीचे के तापमान को नापने के काम आते हैं।

सागर की धाराओं का कारण (Cause of ocean currents)—अटलांटिक एवं प्रशान्त दोनों ही महासागरों में भूमध्यरेखीय अपोढ़, स्थिति एवं दिशा दोनों ही बातों में, व्यापारिक पवनों के साथ बहुत कुछ निकटता से मेल खाते हैं। चूँकि ये पवनें जो दिशा की दृष्टि से स्थिर हैं, अपने नीचे तल के जल की एक सामान्य गति उत्पन्न करेंगी, अतः यह विश्वास किया जाता है कि भूमध्यरेखीय धाराएँ अथवा अपोढ़ व्यापारिक पवनों द्वारा उत्पन्न होते हैं। पश्चिम की ओर प्रवाहित होने वाले

भूमध्यरेखीय अपोढ़ा का प्रभाव यह होता है कि वे जल को महाद्वीपों, विशेषत दक्षिणी अमरीका, के पूर्वी तटों पर एकत्रित कर देते हैं। पश्चिम की ओर बहने वाला उत्तरी और दक्षिणी धाराओं के बीच का कुछ जल पूर्व की ओर को लौट आता है और इस प्रकार भूमध्यरेखीय प्रशान्त मण्डलों (equatorial calms) की मर्दीण प्रतिधाराओं (counter currents) का निर्माण करता है। उष्ण जल की इस प्रतिधारा का प्रभाव अफ्रीका के तट पर तथा भारत के दक्षिण में अनुभव किया जाता है।

उष्णकटिबन्ध के बाहरी अक्षांशों (extra-tropical latitudes) में पवनें कम स्थिर रहती हैं अत धाराएँ उत्पन्न करने में वे कम योग्य होती हैं। किन्तु शक्तिशाली मानसून पवनों के प्रदेशों में, जैसे कि भारत के आसपास तट के जल का अपोढ़ बदलती हुई पवनों के साथ बदलता है और इस प्रकार तट के जल की गतियाँ का उत्पन्न करने की पवन की शक्ति का प्रकट करता है।

यदि महासागर सार्वभौमिक (universal—सर्वव्यापी) होते तो व्यापारिक पवनों के प्रभाव में भूमध्यरेखीय जल का पश्चिम की ओर को बहने वाला अपोढ़ निस्सन्देह स्वयं व्यापारिक पवनों के साथ-साथ चलता, अर्थात् वह पृथ्वी का चक्कर लगाता होता। किन्तु जहाँ भूमध्यरेखीय अपोढ़ का जल किसी महाद्वीप के पास पहुँचता है, जैसे कि दक्षिणी अमरीका के पास, तो वह वहाँ से पश्चिमी मार्ग को त्याग देता है।

व्यापारिक पवनों के नियन्त्रण से बाहर निकल जाने के बाद प्रवाहित जल (१) महाद्वीपीय किनारों, (२) महासागर के नितल की समाकृति (configuration), (३) जहाँ वह पहुँचता है उन अक्षांशों की प्रचलित पवनों, और (४) पृथ्वी के परिभ्रमण (rotation) द्वारा नियन्त्रित होता है। अत उसका मार्ग अंशत उन कारणों द्वारा निर्धारित होता है जो उसे उत्पन्न (generate) करते हैं और अंशत उन अन्य कारणों द्वारा जो उसका निर्देशन (direct) करते हैं।

महासागरीय धाराओं के विकास में अन्य तथ्य तापमान की विषमता है। अकेले तापमान के ही द्वारा स्पष्ट धाराएँ उत्पन्न नहीं होतीं किन्तु इस प्रकार से उत्पन्न गतियाँ इस ढंग से एकत्रित एवं निर्देशित हो सकती है कि पवन द्वारा उत्पन्न धाराओं को शक्ति मिल सके।

सागरीय धाराओं का जलवायु पर प्रभाव (Climatic effects of ocean currents)—किसी गरम सागरीय धारा के ऊपर की वायु गरम जल के साथ सम्पर्क द्वारा गरम हो जाती है। मध्य अक्षांशों में प्रचलित पछुवा पवनें गरम वायु को महाद्वीपों के तटों के ऊपर प्रतिवात (leeward side) की ओर ले जाती है और इस प्रकार जाड़ों में जितना उनका तापमान होता उसकी अपेक्षा ऊँचा तापमान उनको पहुँचाती है और साथ ही साथ उनको पर्याप्त आर्द्रता प्रदान करती हैं। उदाहरण के लिए, उत्तरी यूरोप के पश्चिमी किनारे का जाड़े का तापमान गल्फ स्ट्रीम के न होने पर जितना कठोर (भीषण) होता उसकी अपेक्षा पर्याप्त मन्द हो जाता है।

गल्फ स्ट्रीम निचले अक्षांशो से जो ऊष्मा उत्तर की ओर को ले जाती है उसकी मात्रा का अनुमान क्रौल (Croll) द्वारा इस प्रकार किया गया है, "कर्क-रेखा से आर्कटिक वृत्त तक उत्तरी अटलाण्टिक द्वारा सूर्य से प्राप्त समस्त ऊष्मा का एक चौथाई।" जहाँ तक स्थल का प्रश्न है, इसका लाभ मुख्यतः यूरोप को ही मिलता है।

इसी प्रकार की एक उष्ण जलधारा उत्तरी प्रशान्त मे उत्तरी अमरीका के पश्चिमी तट के उत्तरी भाग की जाड़े की जलवायु की भीषणता को कम कर देती है। दक्षिणी गोलार्द्ध मे भी इसी प्रकार के परिणाम देखने मे आते, यदि वहाँ भी स्थल इस प्रकार से स्थित होते कि वे दक्षिणी महासागरो मे तदनुकूल (corresponding) जलधाराओ के प्रभाव को अनुभव करते (अर्थात् दक्षिणी महासागरो मे भी ऐसी ही धाराएँ चलती है, किन्तु वहाँ पर स्थल न होने के कारण प्रभाव का प्रश्न ही नही उठता—अनु०)।

यह नही समझना चाहिए कि उसी अक्षाश मे स्थित उत्तर-पूर्वी उत्तरी अमरीका की अधिक भीषण जलवायु की तुलना मे उत्तर-पश्चिमी यूरोप की अधिक रुचिकर (mild) जलवायु पूर्णतया गल्फ स्ट्रीम के ही कारण होती है। किसी उष्ण जलधारा के अभाव मे भी महासागर उत्तर-पश्चिमी यूरोप के जाड़ो को उसी अक्षांश मे उत्तरी अमरीका के पूर्वी तट के जाड़ो की अपेक्षा कम भीषण (severe) बनाता। किन्तु गल्फ स्ट्रीम उस अन्तर मे वृद्धि कर देती है जो इस दशा के न होने पर उनमे विद्यमान होता।

धाराओं का एक अन्य वायुमण्डलीय प्रभाव भी सम्भवत उल्लेखनीय है। जब किसी उष्ण जलधारा के ऊपर होकर पवन बहती है, जैसे कि गल्फ स्ट्रीम के ऊपर, तो पवन भी उष्ण हो जाती है और प्रचुर मात्रा मे आर्द्रता को ग्रहण कर लेती है। गरम जलधारा के ऊपर से अधिक शीतल जल के बहने से वायु का तापमान नीचा हो जाता है और उसकी कुछ आर्द्रता के सघनित (condensed) होने के फलस्वरूप कुहरा हो सकता है। गल्फ स्ट्रीम के प्रतिवात पार्श्व (leeward side) के साथ-साथ, उन अक्षाशो मे जहाँ कि आसन्न (adjacent—सलग्न या समीपी) स्थल अथवा जल स्वय धारा की अपेक्षा अत्यधिक शीतल है, कुहरे की घटनाएँ अति सामान्य रहती है। न्यू फाउण्डलैण्ड के अक्षाश मे दक्षिण की अपेक्षा कुहरा बडी मात्रा मे होता है, क्योकि गल्फ स्ट्रीम और उसके पास-पडोस के तापमान मे और अधिक दक्षिण की अपेक्षा यहाँ का अन्तर पर्याप्त अधिक है। गल्फ स्ट्रीम के आसपास उस समय भी कुहरा होता है जबकि पवन नही होती है। इसका कारण यह प्रतीत होता है कि ऊपर तथा दोनो पार्श्वो पर की अधिक शीतल वायु की समीपता द्वारा अधिक ओष्ण वायु शीतल हो जाती है, और गल्फ स्ट्रीम के ऊपर की वायु से जल की वाष्प दोनो पार्श्वो पर की शीतलतर वायु मे प्रसारित हो जाती है।

उत्तरी अमरीका एव यूरोप के उत्तर-पश्चिमी भागो मे, विशेषत शीत ऋतु

म, कुहरा (fog) प्राय सामान्य होता है जो प्राय धुन्ध (mist) अथवा बादलो म परिवर्तित हो जाता है जो वर्षा करते हैं।

सागरीय धाराओ के श्रेणीकरण सम्बन्धी प्रभाव (Gradational effects of ocean currents)—महासागर के नितल पर धाराओ का अपक्षाकृत न के बराबर प्रभाव पडता है और तटो पर तो प्राय कोई प्रभाव पडता ही नही है, क्योकि इन दोनो म से धाराएँ किसी को भी नही छूती हैं। परन्तु जहा पानी उथला है, जैसे कि फ्लोरिडा और क्यूबा के बीच म, वहा गल्फ स्ट्रीम अपने नितल तक पहुँच जाती है और उसको प्रभावपूर्ण रूप स घिसती है। घिसने की यह क्रिया बहुत कुछ उसी रूप म होती है जैसे कि कोई नदी अपने नितल को काटती है। चूंकि सागरीय धाराएँ, स्थानीय अपवादो के अतिरिक्त अपक्षरण (erosion) के काय को नही करती है, अत व मलबे को नही ढोया करती है, किन्तु वे उन पदार्थों को जो समुद्री जीवो से उत्पन्न होते है, पर्याप्त मात्रा म ढोया करती है। जल, विशेषत गरम धाराओ का जल, छोटे जीवधारियों से भरा रहता है, और ये जीवधारी अथवा जीवधारियो की मृत्यु के बाद उनकी शुक्तिया (shells—ढाचे) बहुत दूर तक धाराओ के साथ बह सकते है।

ऐतिहासिक सम्भावनाएँ (Historical suggestions)—अटलाण्टिक की धाराओ न अमरीका क प्रारम्भिक इतिहास म महत्त्वपूर्ण भाग लिया था। नार्थमैन (Northmen) द्वारा आइसलैण्ड मे उपनिवेश स्थापित कर लिये जाने के पश्चात, आर्कटिक से दक्षिण पश्चिम की धाराओ ने उत्तरी अमरीका की खोज का निकट भविष्य निश्चित कर दिया था। दक्षिणी भूमध्यरेखीय धारा ने, भारत जाने वाले पुर्तगालियो को १५०० ई० म दक्षिणी अमरीका के तटो पर पहुँचा दिया था।

वहन एव सर्पण (Drift and creep)—जहा धाराएँ अति क्षीण हो जाती हैं वहा उनको अपोढ (drift) कहते है, जैसे जहा कोई धारा एक विस्तृत क्षेत्र के ऊपर फैल जाती है और उसके प्रवाह की गति मन्द पड जाती है, तब वह अपोढ बन जाती है। सर्पण (creep—सर्प की भाँति रेंगना) ढलान से एक अति मन्द गति होती है। यह जल के विभिन्न भागो के विषम घनत्व म उत्पन्न हो जाती है।

ज्वार-भाटा (Tides)

प्रत्येक दिन, अथवा अधिक यथार्थ रूप मे प्रत्येक २४ घण्टे और ५२ मिनट म सागर के जल का तल दो बार ऊपर उठता और दो बार नीचे गिरता है। नियत समय पर होने वाला यह उठाव और गिराव ज्वार भाटे को पैदा करता है। ज्वार (flood tide—जल का उठाव) जब ऊँचा होता है तो वह लगभग ६ घण्टे तक उठता है और भाटे (ebb tide) के समय लगभग ६ घण्टा म ही जल नीचे[1] गिरता है। अनेक स्थानो म ज्वार क्रमिक लहरो के रूप म 'भीतर आता है' और

---

[1] साधारणतया भाटा ज्वार की अपेक्षा कुछ अधिक लम्बा होता है।

प्रत्येक लहर के बाद जल अपने पहले तल तक नीचे आने मे असमर्थ हो जाता है, अनेक अन्य स्थानों मे ज्वार अचानक ही उठता है और उसमे स्पष्ट लहरे नही होती है।

खुले महासागरो मे ज्वार-भाटा दिखाई नही पडते, क्योकि वहाँ पर कोई ऐसी वस्तु नही होती है जिससे जल का थोडा उठाव स्पष्ट दिखाई दे सके; किन्तु वे उन द्वीपो के आसपास देखे जा सकते है जिनके तटों पर उठाव एव गिराव (जल का) नापे जा सकते है। खुले सागर में जल के उठाव का अनुमान लगभग १ या २ मीटर (२ या ३ फुट) तक का लगाया गया है। तटो के समीप अनेक स्थानो मे उच्च एव निम्न ज्वार-भाटो के बीच जल के तल मे कई फुट का अन्तर होता है। उन खाडियो में जो समुद्र की ओर चौडी खुली हुई होती है किन्तु अपने शीर्ष की ओर सकीर्ण होती है, यह अन्तर कभी-कभी ६ मीटर (२० फुट) अथवा ९ मीटर (३० फुट) तक का होता है, अथवा किसी-किसी दशा मे तो १५ मीटर (५० फुट) अथवा उससे भी अधिक होता है, जैसे कि फण्डी की खाडी मे। जहाँ पर ज्वार-भाटा द्वीपो मे होकर अथवा सँकरे जल-सयोजको (straits—जल-सन्धि) मे से होकर बहता है, वहाँ वह स्पष्ट धाराएँ उत्पन्न करता है, ये धाराएँ उन जलमार्गो को घिसती हुई चलती है जिनमे होकर वे गुजरती है।

कुछ स्थानो मे ज्वार-भाटा किसी चौडी खुली नदी के मुहाने मे ऊपर तक चला जाता है। जैसे-जैसे वह नदी की धारा मे ऊपर को वढता जाता है, वैसे ही वैसे जल के उथलेपन के कारण उसकी मात्रा रुकती जाती है और उसका अगला भाग एक प्रपाती (steep) और दीवार के समान ऊँची तरग भी बन सकता है। इस प्रकार की तरग को **ज्वार-भित्ति** (bore) कहते है। इस प्रकार की भित्तियो का अनुभव इगलैण्ड की सैवरन (Severn) एव ह्वाई (Whe), फ्रास की सीन (Seine), कनाडा की पैटिट-कोडेक (Petit-Codiac), भारत की हुगली (Hugli), और चीन की श्यान-टैग-कियाग (Tsien-Tang-Kiang) आदि नदियों मे होता है। चीन की नदी मे तो ये लहरे कभी-कभी ८ मीटर (२५ फुट) की ऊँचाई तक उठ जाती है और नावो के लिए वडी ही विनाशकारी सिद्ध होती है। इस अवसर पर यह अनुमान किया गया था कि १२½ लाख टन जल एक मिनट मे ही एक स्थान के पास से एक ज्वार-भित्ति-तरग मे गुजर गया था। पहले कलकत्ता मे व्यापारिक जहाज ज्वार-भित्ति के आने के समय सुरक्षा के लिए शीघ्रता से नदी की मध्यधारा मे चले जाते थे।

प्रत्येक उच्च ज्वार के साथ ज्वार-भित्तियाँ दिखाई नही दिया करती, ये भित्तियाँ उन नदियो मे भी दिखाई नही दिया करती जिनमे ज्वार-भित्तियाँ आया करती है। ऐसा प्रतीत होता है कि उनके विकास मे अनुकूल पवन एक महत्त्वपूर्ण कारक बना करती है; अन्य अवसरो की अपेक्षा वे वृहत-ज्वार (spring tide) के समय अधिक प्रबल होती है।

हडसन नदी से ट्रोय (Troy) तक जहाँ ज्वार-भाटे का अन्तर लगभग १ मीटर से अधिक नही होता, उच्च ज्वारो का अनुभव किया जाता है किन्तु यह

अनुभव जल भित्तियो के समान नही होता है। यही अनुभव डेलावेयर (Delaware) के ऊपर लगभग ट्रेण्टन (Trenton) तक भी होता है। टोय और ट्रेण्टन तक क्रमश खारा जल नही दौड पड़ता है किन्तु ज्वार नदियो के मुहाना पर समुद्र के तल को ऊँचा कर देता है और इस प्रकार उनके जल को पीछे की ओर रोक देता है। सेण्ट जोन्स नदी (New Brunswick) मे ज्वार भाटा ११२ किलोमीटर (७० मील) ऊपर तक दौड जाता है और उसका अनुभव वहा तक होता है जहा नदी की ऊँचाई समुद्र-तल के माध्य से लगभग ५ मीटर (१४ फुट) ऊपर है। सेण्ट लारेंस नदी के ज्वार-नद-सगम (estuary—ज्वार मुहान) से मौण्ट्रियल के समीप थ्री रिवर्स (Three Rivers) तक लगभग ४५६ किलोमीटर (२८३ मील) ऊपर तक ज्वार-भाट का अनुभव किया जाता है।

सभी छोटी झीलो मे ज्वार भाटा अदृश्य एव बडी झीलो तथा घिरे हुए सागरो मे बहुत हलका होता है। उदाहरण के लिए, मिशीगन झील मे ज्वार-भाटा केवल ५ सेण्टीमीटर (२ इच) तक ही होता है। उन समस्त जल राशियो मे जहा जल किसी सकीर्ण जलमार्ग द्वारा खुले सागर से जुडा होता है, ज्वार-भाटे बिलकुल हलके होते हैं, जैसे टैक्सास मे गैलवेस्टन (Galveston) पर ज्वार-भाट का अन्तर ३० सेण्टीमीटर (१ फुट) से कम है।

अनेक बन्दरगाहो मे, विशेषत जहा पानी उथला होता है, जल का उठाव और गिराव जहाजो के आने जाने पर महत्वपूर्ण प्रभाव डालने के लिए पर्याप्त होते है। भाटा के समय ऐसे बन्दरगाहो मे पहुँचने वाले जहाजो को बन्दरगाह मे भीतर जाने के लिए उच्च ज्वार की प्रतीक्षा करनी पडती है। ज्वार की धाराएँ या ज्वार की दौडे (races—धावन) कभी-कभी इतनी बलशाली होती हैं कि वे जहाजो के आने जाने मे बाधा उपस्थित कर देती है। न्यूयार्क नगर के समीप हैलगेट (Hell Gate) मे से होकर आने वाली दौड (race—धावन) इसका उदाहरण है।

ज्वार भाटा के कारण एव उनका नियत समय पर आना (Periodicity and cause of tides)—एक के बाद दूसरे उच्च एव निम्न ज्वार भाटा के बीच का समय पृथ्वी के चारो ओर चन्द्रमा के स्पष्ट परिक्रमण के समय का लगभग आधा होता है। ऐसा प्रतीत होता है कि सम्भवत यही एक ऐसा तथ्य था जिसने ज्वार भाटा और चन्द्रमा की स्पष्ट गतियो के मध्य कुछ सम्बन्ध होने का सुझाव उपस्थित किया होगा। ऐसा सन्देह किया जाता है कि लगभग २,००० वर्ष पहले यह सम्बन्ध ज्ञात था, यद्यपि लगभग २०० वर्ष पूर्व न्यूटन के समय से पहले लोगो ने इसे भली भाँति समझा न था।

आकाशीय पिण्डो (heavenly bodies) के मध्य आकर्षण के नियम का वर्णन पहले ही किया जा चुका है। ज्वार भाटा की विस्तृत व्याख्या देने के प्रयास के बिना ही उससे सम्बन्धित अनिवार्य सिद्धान्तो को सरलता से समझा जा सकता है। पहले हम चन्द्रमा द्वारा उत्पन्न किये गये ज्वार भाटा के ऊपर विचार कर सकते है।

यदि किसी डोरी मे एक भार बाँध दिया जाए और भार को घुमाया जाए

तो डोरी पर खिचाव (tension) उत्पन्न हो जाता है। भार निरन्तर आगे की ओर एक सीधी रेखा मे बढने का प्रयास करता है, किन्तु उसे ऐसा करने में डोरी से बाधा मिलती है। जिस वृत्त मे डोरी उसको रखती है, भार की उससे अलग होने की प्रवृत्ति प्राय **अपकेन्द्री बल** (centrifugal force) कहलाती है, यद्यपि वह केवल एक जडता (inertia—अचलता) है। डोरी का खिचाव (तनाव) जो भार को रोकता है, एक **अभिकेन्द्र बल** (centripetal force) है। अत. तनी हुई डोरी दो विपरीत एवं समान शक्तियो द्वारा प्रभावित होती है।

पृथ्वी के चारो ओर चन्द्रमा की गति उपर्युक्त दृष्टान्त मे डोरी के सिरे पर बंधे हुए भार की गति के ही समान होती है। डोरी के स्थान पर पृथ्वी का **गुरुत्व का आकर्षण** (attraction of gravitation) होता है और चन्द्रमा पृथ्वी के चारो ओर एक ऐसी गति से जाता है कि उसका अपकेन्द्री बल पृथ्वी के आकर्षण द्वारा ठीक सन्तुलित हो जाता है। परन्तु जिस केन्द्र के चारो ओर चन्द्रमा परिक्रमण (revolution) करता है वह पृथ्वी का केन्द्र नही होता, बल्कि वह पृथ्वी और चन्द्रमा के गुरुत्व का केन्द्र होता है। चूंकि पृथ्वी की स्थूलता चन्द्रमा की अपेक्षा ८० गुनी अधिक होती है, अत दोनो पिण्डो के गुरुत्व का केन्द्र चन्द्रमा के केन्द्र की अपेक्षा पृथ्वी के केन्द्र के अधिक निकट है। वास्तव मे यह पृथ्वी के तल के १,६०० किलोमीटर (१,००० मील) नीचे और पृथ्वी के केन्द्र से ४,८०० किलोमीटर (३,००० मील) दूर है (चित्र ५९६)। चन्द्रमा और पृथ्वी दोनो सूर्य के चारो ओर साथ-साथ यात्रा करते समय इस सामान्य केन्द्र के चारो ओर परिक्रमा करते है। पृथ्वी का केन्द्र गुरुत्व के सामान्य केन्द्र के चारो ओर ४,८०० किलोमीटर (३,००० मील) के अर्द्धव्यास के साथ एक वृत्त बनाता है, जबकि चन्द्रमा उसी बिन्दु के चारों ओर लगभग ३,७९,२०० किलोमीटर (२,३७,००० मील) के अर्द्धव्यास के साथ एक वृत्त बनाता है। यह धारणा भी स्पष्ट की जा सकती है कि यदि यह कल्पना कर ली जाए कि एक कठोर किन्तु अत्यन्त हलकी छड के विपरीत सिरो पर

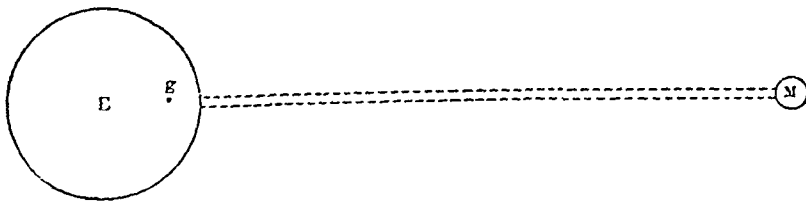



Fig. 596
Diagram showing the position of the center of gravity, g, of the earth-moon system.

दो अति असमान भार रखे हुए है। ये भार ऐसे हो सकते है कि यदि g के (**चित्र ५९६**) तदनुकूल (corresponding) बिन्दु को साधा जाए तो दोनो भार सन्तुलित हो जाएँगे। अब यदि इस जोडे (E और M) को घुमाया जाए तो E का केन्द्र g के चारो ओर एक छोटे वृत्त मे परिक्रमा करेगा, जबकि M का केन्द्र उसके चारो

और एक अत्यधिक बड वत्त मे परिक्रमा करेगा। चन्द्रमा की दशा म परिक्रमा का काल लगभग २८ दिन का है।

पृथ्वी और चन्द्रमा एक दूसरे को आकर्षित करते है और यदि परिक्रमा द्वारा उत्पन्न एव विकसित अपकेन्द्री प्रवृत्ति (centrifugal tendency) न हो तो दोना साथ साथ गिर जाएँगे। एक पिण्ड से दूसरे पिण्ड की दूरी का निर्धारण (१) एक ओर उनके पारस्परिक आकर्षणा, तथा (२) दूसरी ओर उनकी अपकेन्द्री प्रवत्तिया के बीच के सतुलन द्वारा किया जाता है। पृथ्वी के केन्द्र पर और चन्द्रमा के केन्द्र पर यह सतुलन पूर्ण होता है। किन्तु पृथ्वी क उस पार्श्व पर जो चन्द्रमा से निकटतम होता है, पृथ्वी के केन्द्र पर की अपेक्षा चन्द्रमा का आकर्षण अधिक प्रबल होता है और अपकेन्द्री प्रवृत्ति से अधिक हो जाता है। **अत आकर्षण पृथ्वी को चन्द्रमा के नीचे बाहर की ओर उभारने का प्रयास करता है।** पृथ्वी के विपरीत पार्श्व पर केन्द्र पर की अपेक्षा कम आकर्षण होता है, और वहा अपकेन्द्री प्रवत्ति उससे अधिक हो जाती है। अत यहाँ भी पृथ्वी मे चन्द्रमा की भेदीय (differential) आकर्षण शक्ति के कारण उभार उत्पन्न होन की प्रवत्ति होती है। पृथ्वी का ठोस भाग अनिवायत कठोर है और उस पर चन्द्रमा के आकर्षण का इतना थोड़ा प्रभाव पडता है कि उसका अनुभव नही किया जा सकता है। किन्तु अब यह ज्ञात है कि पृथ्वी का ठोस भाग भी थोडा सा प्रभावित होता है, दूसरे शब्दो मे, उसमे भी ज्वार-भाटा होता है। तल पर के जल अत्यधिक सचल (mobile—चचल) होते है और चन्द्रमा के भेदीय आकर्षण के विकृतकारी (distorting) प्रभाव से उनमे वैसी ही प्रतिक्रिया (respond) होती है, फलस्वरूप, पृथ्वी के विपरीत पार्श्वों पर जल बाहर की ओर उभर पडता है जिसके कारण पृथ्वी के व्यास का थोडा सा कोणीय अन्तर (elongation) उत्पन्न हो जाता है, जो सैद्धान्तिक रूप मे चन्द्रमा की दिशा मे होता है। जल के ये उभार **उच्च ज्वार** (high tides) होते है और उभार के गिरने को ही **भाटा** (low tides) कहते है। भाटे ज्वारो के बीच म उत्पन्न होते हैं।

चन्द्रमा के भेदीय आकर्षण की घटना का वर्णन अन्य प्रकार से भी किया जा सकता है। पृथ्वी के केन्द्र से चन्द्रमा क केन्द्र की दूरी लगभग ३,८४,००० किलोमीटर (२,४०,००० मील) है। *अत पृथ्वी का वह पार्श्व जो चन्द्रमा के निकटतम होता है,* चन्द्रमा के केन्द्र से लगभग ३,८४,००० किलोमीटर (२,४०,००० मील) है, जबकि दूरतम पार्श्व लगभग ३,९०,४०० किलोमीटर (२,४६,००० मील) दूर है।

यदि चन्द्रमा के पुज (mass) को १ मान लिया जाए तो पृथ्वी पर चन्द्रमा के औसत खिचाव को $\frac{१}{२४००००^२}$ म प्रकट किया जा सकेगा। वह भिन्न जो चन्द्रमा के निकटतम वाले पृथ्वी के पार्श्व पर चन्द्रमा के खिचाव को प्रकट करती है, $\frac{१}{२३६०००^२}$ होगी और वह भिन्न जो विपरीत पार्श्व पर के खिचाव को प्रकट

करती है, $\frac{१}{२४४०००^२}$ होगी। पृथ्वी का ठोस भाग अनिवार्य रूप में एक इकाई के समान कार्य करता है, क्योंकि इसके खण्ड एक-दूसरे पर संचलन करने के लिए स्वतन्त्र नही होते है। अत: पृथ्वी के ठोस भाग पर चन्द्रमा की आकर्षण शक्ति का प्रभाव वास्तव मे वही होता है जो यह उस समय होता, यदि यह सम्पूर्ण रूप से पृथ्वी के केन्द्र के ऊपर पड़ता, अर्थात् वही जो पृथ्वी पर चन्द्रमा का औसत खिचाव, $\frac{१}{२४००००^२}$, है।

चन्द्रमा के निकटतम पृथ्वी के पार्श्व पर के जल पृथ्वी के ठोस भाग पर पड़ने वाले औसत खिचाव की अपेक्षा अधिक प्रबल शक्ति द्वारा खिंच जाते है और वे थोड़ा उभर कर बाहर की ओर बढ़ते हैं। यहाँ चन्द्रमा के खिचाव की शक्ति $\frac{१}{२३६०००^२}$ की भिन्न द्वारा प्रकट होती है और $\frac{१}{२३६०००^२}-\frac{१}{२४००००^२}$ भिन्न चन्द्रमा की इसके निकटतम पृथ्वी के पार्श्व पर ज्वार-भाटा उत्पन्न करने की शक्ति को प्रकट करती है। पृथ्वी के विपरीत पार्श्व पर जल पृथ्वी के केन्द्र की अपेक्षा चन्द्रमा से अधिक दूर है और इस कारण केन्द्र की अपेक्षा कम शक्ति से खिचते है और उभर कर बाहर की ओर फूलने के लिए स्वतन्त्र होते है। गणित के अनुसार चन्द्रमा से अधिकतम दूरी पर पृथ्वी के पार्श्व पर खिचाव $\frac{१}{२४४०००^२}$ होता है, और वहाँ पर ज्वार-भाटा उत्पन्न करने की शक्ति $\frac{१}{२४००००^२}-\frac{१}{२४४०००^२}$ होती है। फलस्वरूप, पृथ्वी के विपरीत पार्श्वो पर जल का उभार एक ही साथ होता है। ये **उच्च ज्वार** है। जहाँ ज्वार ऊँचे होते है उन स्थानों के बीच के मध्य जल उसी अवस्था में नीचा हो जाता है जिसे निम्न ज्वार (low-tide) कहते है।

ज्वार-भाटे को स्पष्ट कर सकना इतना कठिन है कि उनके कारण का एक और कथन यहाँ दिया जा रहा है :

"मान लो E (चित्र ५९७) पृथ्वी के केन्द्र को प्रकट करता है और M चन्द्रमा के केन्द्र को (चन्द्रमा की दूरी अत्यधिक कम कर दी गयी है)। पृथ्वी के तल पर P कण (particle) को विस्थापित (displace) करने की चन्द्रमा की प्रवृत्ति की कल्पना करो। मान लो $\overline{EB}$ दिशा और मात्रा (amount) में E पर (ठोस पृथ्वी) M की तीव्र गति (चन्द्रमा की तीव्र गति) को प्रकट करती है। उन्ही इकाइयो मे मान लो $\overline{PA}$ दिशा और मात्रा मे P पर M की तीव्र गति को प्रकट करती है। चूँकि E और M की अपेक्षा P और M परस्पर अधिक समीप है, अत: निष्कर्ष यह निकलता है कि $\overline{EB}$ की अपेक्षा $\overline{PA}$ अधिक बड़ी है।

"मान लो $\overline{PA}$ गति (acceleration) को ऐसे दो भागो मे बाँट दिया जाए

कि उनमें से एक $\overline{EB}$ के बराबर और समानान्तर हो जाए। चित्र में यह $\overline{PK}$ है। दूसरे भाग का पता $\overline{PA}$ को एक विकर्ण (diagonal) और $\overline{PK}$ को एक भुजा मानकर और समानान्तर चतुर्भुज को पूरा करके लगता है। यह चित्र में $\overline{PQ}$ है। शक्तियों के समानान्तर चतुर्भुज के नियम द्वारा $\overline{PA}$ ठीक ठीक $\overline{PK}$ और $\overline{PQ}$ के बराबर है, और इसका विलोम भी सत्य है। प्रारम्भिक प्रमेय द्वारा $\overline{EB}$ और $\overline{PK}$ समानान्तर एवं बराबर होने के कारण E और P की सापेक्षिक स्थितियों में परिवर्तन नहीं करती है, और इसलिए ज्वार-भाटा उत्पन्न नहीं करती हैं। $\overline{PQ}$ जो शेष गति (acceleration—त्वरण) है, अन्य किसी के साथ नहीं जुड़ता है और इसी गति से जो ज्वार-भाटा उत्पन्न करती है।

Fig 597
Diagram to illustrate the cause of tides Explanation in text (*From Moulton's Introduction to Astronomy By permission of The Macmillan Company*)

'कल्पना करो कि पृथ्वी के चारों ओर समस्त भाग में बिन्दुओं के लिए चित्र बनाये जायें। ज्वार-भाटा को उत्पन्न करने वाली गतियों (accelerations) को प्रकट करने वाली रेखाएँ वैसी ही होंगी जैसी चित्र ५६८ में दी गयी है। उनको खींचने की विधि विषय के कठोर गणितीय प्रतिपादन (mathematical treatment) का ज्यामितीय गणित सम्बन्धी प्रतिरूप (counterpart) है, और ज्वार-भाटे के कारण की विस्तृत व्याख्या प्रस्तुत करने के लिए उस पर विश्वास किया जा सकता है।"[1]

यदि सागर सार्वभौमिक होते तो ज्वार-भाटों का स्वरूप (Tides if the oceans were universal)—यदि पृथ्वी पूर्णतया एक गहरे महासागर से आच्छादित होती तो इसके तल पर एक साथ ही दो विस्तृत ज्वारभाटीय उभार अथवा तरंगें उठती होतीं। प्रत्येक तरंग का उच्चतम भाग एक बिन्दु होता जिसमें से एक चन्द्रमा के ठीक नीचे और दूसरा चन्द्रमा के ठीक विपरीत होता। प्रत्येक तरंग गोल की आधी होती और उनके किनारे जहाँ ज्वार निम्न (low tide) होता, वहाँ एक विशाल वृत्त में मिलते होते। इस वृत्त को दोनों गोलार्द्धों के उभारों के बीच एक द्रोणिका (trough) के तुल्य कल्पित किया जा सकता है।

Fig 598
Diagram to illustrate tides (*From Moulton's Introduction to Astronomy By permission of The Macmillan Company*)

---

[1] Moulton, *Introduction to Astronomy*

पृथ्वी के चारो ओर चन्द्रमा की परिक्रमा (revolution) के समय की अपेक्षा पृथ्वी के परिभ्रमण (rotation) का समय कुछ कम है। परिणाम यह होता है कि परिभ्रमण उच्च ज्वारों को उस स्थिति से आगे ले जाने का प्रयास करता है जो चन्द्रमा उनको प्रदान करता। चन्द्रमा उनको पीछे रोकने का प्रयास करता है, और इस कारण वे पृथ्वी के तल के चारों ओर पृथ्वी की परिभ्रमण की विपरीत दिशा में यात्रा करती हुई प्रतीत होती है। अत. कहा जाता है कि ज्वार-भाटे पीछे रह जाते हैं (**चित्र ५९९**)।

सिद्धान्त के अनुसार एक के बाद आने वाले दूसरे उच्च ज्वार के समय में १८०° (१२ घण्टे) का अन्तर रहता है, और यदि केवल पृथ्वी के परिभ्रमण (rotation) का ही विचार किया जाए, तो किसी भी स्थान पर उच्च ज्वारों को प्रत्येक १२ घण्टे के बाद ही आना चाहिए। अधिक लम्बा काल (१२ घण्टे २६ मिनट) पृथ्वी के चारो ओर अपनी कक्षा (orbit) में चन्द्रमा की आगे बढ़ने की गति का ही परिणाम होती है (**चित्र ६००**)।

ज्वार-ध्रुव (the tidal poles) दो ऐसे विन्दु होते हैं जहाँ ज्वार का उत्थान एव पतन (rise and fall) नही होता है। जब चन्द्रमा भूमध्यरेखा पर उदग्र (vertical) होता है तब यह देखा जाएगा कि उच्च ज्वार का उच्चतम विन्दु निरन्तर भूमध्यरेखा पर होना चाहिए, और भाटे की स्थिति को अंकित करने वाला विशाल वृत्त भौगोलिक ध्रुवों (geographic poles) के मध्य से गुजरेगा। अतः जब तक चन्द्रमा भूमध्यरेखा पर उदग्र रहेगा तब तक ध्रुवो पर निरन्तर भाटा रहेगा। चाहे कोई भी अक्षाश हो, जहाँ पर चन्द्रमा उदग्र है, एक ऐसा विन्दु अथवा ज्वार-ध्रुव (tidal pole) होगा, जो उस अक्षाश से जहाँ पर चन्द्रमा उदग्र है, ९०° पर होगा, और वहाँ ज्वार-भाटे का उत्थान एव पतन नही होगा। चूँकि वह स्थान जहाँ पर चन्द्रमा उदग्र रहता है, समय-समय पर भिन्न-भिन्न होता रहता है, अत ज्वार-ध्रुवो की स्थिति भी बदलती रहती है।

Fig. 599
Diagram to illustrate the lagging of the tides. (*After Comstock*)

उपर्युक्त ज्वार-भाटो की गतियो की सरलता अनेक बातो से बाधा पाती है, विशेषत (१) महाद्वीपो द्वारा, जो ज्वार-भाटो की तरगो को रोक देते हैं, और (२) अनेक स्थानों मे जल के उथले होने के कारण भी बाधा पहुँचती है। ज्वार की तरग गहरे जल की अपेक्षा उथले जल मे अधिक मन्दता से चलती है, और इसके भी वे ही कारण है जो अन्य तरंगो की धीमी गति के होते हैं। चूँकि इस प्रकार से ज्वार-भाटे महाद्वीपों एव द्वीपों के निकट अधिकतम रुकावट पाते हैं, अत. ऐसे स्थानो मे उनकी प्रगति (advance)

सबमें अधिक अनियमित होती हैं। अनियमित ज्वार की तरंगें भी प्रायः एक-दूसरी को रुकावट डालती हैं।

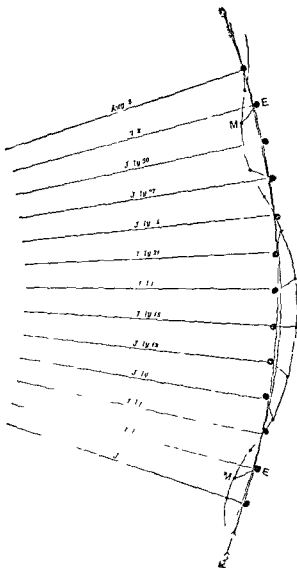



Fig 600
Diagram illustrating the motion of the moon about the earth The larger circles represent the earth and the smaller ones the moon on the line which represents its orbit

सूर्य सम्बन्धी ज्वार भाटा (Solar tides)—सूर्य भी पृथ्वी को अपनी ओर आकर्षित करता है और ज्वार भाटा पैदा करने का प्रयास करता है। यदि चन्द्रमा न होता तो हमको पृथ्वी पर केवल सूर्य द्वारा उत्पन्न ज्वार-भाटे ही मिलते।

पृथ्वी से सूर्य की महान दूरी (प्राय. ९,३०,००,००० मील) के होते हुए भी सूर्य अपने विशाल आकार के कारण चन्द्रमा की अपेक्षा पृथ्वी को अत्यधिक प्रबलता से आकर्षित करता है। यदि चन्द्रमा का आकर्षण अधिक प्रबल होता तो पृथ्वी सूर्य की अपेक्षा चन्द्रमा के चारों ओर परिक्रमा (revolution) करती होती। किन्तु सूर्य का आकर्षण अधिक प्रबल होते हुए भी, उसमे चन्द्रमा की ज्वार उत्पन्न करने की शक्ति से कम ही है। उनके सापेक्षिक आकर्षणों का हिसाब लगाना कठिन नही है। यदि चन्द्रमा का पुज (mass) १ मान लिया जाए तो सूर्य का पुज २,६६,४८,००० है। यदि केवल पुज का ही विचार किया जाए, तो सूर्य पृथ्वी को चन्द्रमा की अपेक्षा २,६६,४८,००० गुनी अधिक शक्ति से आकर्षित करेगा। सूर्य पृथ्वी से चन्द्रमा की अपेक्षा लगभग ३८९ गुना अधिक दूरी पर है। यदि केवल दूरी का ही विचार किया जाए, तो इस कारण से इसका खिचाव चन्द्रमा के खिचाव का $\frac{१}{३८९^२}$ (=१/१५१३२१) होना चाहिए अर्थात् १/१५१३२१ × २६६४८००० = लगभग १७५। अर्थात् चन्द्रमा जिस शक्ति से पृथ्वी को खीचता है उसकी १७५ गुनी अधिक शक्ति से सूर्य पृथ्वी को खीचता है।

यह देखा जा चुका है कि **चन्द्रमा द्वारा उत्पन्न ज्वार-भाटे पृथ्वी के केन्द्र पर और चन्द्रमा के निकटतम एवं उससे दूरतम भागों पर चन्द्रमा के खिचाव के बीच के अन्तर के कारण होते हैं।** इसी प्रकार कोई भी ज्वार-भाटा जिसे सूर्य उत्पन्न करता है, उस अन्तर के कारण ही होना चाहिए जो पृथ्वी के केन्द्र पर और उससे निकटतम एवं उससे दूरतम पार्श्वों पर सूर्य के खिचाव के बीच पाया जाता है।

सूर्य के निकटतम और उससे दूरतम पृथ्वी के पार्श्व, सूर्य से पृथ्वी के केन्द्र की अपेक्षा ६,४०० किलोमीटर (४,००० मील) अधिक समीप और ६,४०० किलोमीटर (४,००० मील) अधिक दूर है, किन्तु ६.४०० किलोमीटर (४,००० मील) १४,९८,००,००० किलोमीटर (९,३०,००,००० मील) का उस भाग की अपेक्षा एक अत्यन्त छोटा भाग है जो वह ३,८४,००० किलोमीटर (२,४०,००० मील) का है। अत: पृथ्वी के केन्द्र पर और उसके सूर्य से निकटतम पार्श्व पर पडने वाली सूर्य की आकर्षण शक्ति के बीच का **अन्तर** उन्ही बिन्दुओ पर चन्द्रमा की आकर्षण शक्ति के बीच के अन्तर की अपेक्षा अति छोटा है। दूसरे शब्दो मे, **सूर्य का भेदीय खिचाव चन्द्रमा के भेदीय खिचाव की अपेक्षा कम है।** अत चन्द्रमा के ज्वार सूर्य के ज्वारों की अपेक्षा ऊँचे होते है। उनका अनुपात ०·०३४२ · ०·०१५१ है। यदि सूर्य पृथ्वी के उतने समीप होता जितना कि चन्द्रमा है, तो उसके ज्वार का प्रभाव अब की अपेक्षा पर्याप्त रूप मे अधिक विशाल होता।

कुछ ज्वार-भाटे चन्द्रमा और सूर्य के सयुक्त (combined) प्रभाव के कारण होते है, किन्तु चन्द्रमा द्वारा उत्पन्न ज्वार-भाटे अधिक प्रबल होते है, अत. सूर्य द्वारा उत्पन्न ज्वार-भाटे उनको केवल आपरिवर्तित (modify) करने का कार्य करते है। जब सूर्य और चन्द्रमा दोनो साथ-साथ कार्य करते है, तब सूर्य का प्रभाव ज्वार-भाटे

का बल प्रदान करता है, और जब वे एक दूसरे के विरुद्ध कार्य करते हैं, तो यह उनको दुर्बल बनाता है।

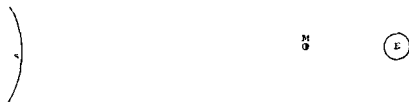



Fig 601
Diagram to illustrate the relative positions of earth, moon, and sun at the time of new moon Spring tide

वृहत ज्वार और लघु भाटा (Spring tides and neap tides)—जब सूर्य और चन्द्रमा परस्पर और पृथ्वी के साथ चित्र ६०१ (नया चन्द्रमा) में दिखायी गयी स्थिति के समान स्थित होते हैं, तो प्रत्येक एक ही स्थान पर उच्च ज्वार

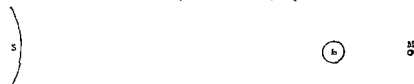



Fig 602
Diagram to illustrate the relative positions of earth moon, and sun at the time of full moon Spring tide It is not to be inferred, from Figs 601 and 602, that the earth is nearer the sun at the time of full moon, than at the time of new moon

(high tides) उत्पन्न करने का प्रयास करता है। जब उनके पारस्परिक सम्बन्ध उस प्रकार के होते हैं जैसा चित्र ६०२ (पूर्ण चन्द्रमा) में दिखाया गया है, तो भी परिणाम वही होता है। इन मासिक अवसरों पर उच्च ज्वार अधिक ऊँचे होते हैं और भाटे अधिक नीचे होते हैं। ऐसे अवसरों के ज्वार भाटे **वृहत ज्वार** (spring tides) कहलाते हैं। अतः वृहत ज्वारों का बसन्त ऋतु (spring season) के साथ कोई सम्बन्ध नहीं होता है।

जब पृथ्वी, चन्द्रमा और सूर्य चित्र ६०३ में दिखायी गयी सापेक्षिक स्थितियों में स्थित होते हैं (यह दशा प्रत्येक मास में दो बार होती है), तब सूर्य एवं चन्द्रमा के ज्वारीय प्रभाव एक-दूसरे के विरुद्ध होते हैं जिसका प्रभाव यह होता है कि उच्च ज्वार उतने ऊँचे नहीं होते हैं और न भाटे ही उतने नीचे होते हैं जितने कि अन्य दशाओं में हुआ करते हैं। इन अवसरों के ज्वार-भाटे **लघु भाटा** (neap tides) कहलाते हैं।

उच्च ज्वारों की ऊँचाई में अन्य विभिन्नताएँ (Other variations in the height of high tides)—उच्च ज्वारों की ऊँचाई में विभिन्नता के अनेक अन्य

गहराई का होना, उच्च ज्वार पर उच्चतम बिन्दु B पर होगा। एक पार्श्व पर A से, और दूसरे पर B से उच्च ज्वार की ऊँचाई समस्त दिशाओं में कम होती जाती है। A' बिन्दु पर उच्च ज्वार उसी समय होता है जबकि A और B पर होता है किन्तु A' पर ज्वार उतना ऊँचा नहीं होता है जितना A पर होता है। बारह घण्टे (और २६ मिनट) पश्चात A बिन्दु चन्द्रमा के अनुसार वही स्थिति रखेगा जो अब A' बिन्दु रखता है। इसका कारण पृथ्वी का परिभ्रमण (rotation) और चन्द्रमा का परिक्रमण (revolution) है। उच्च ज्वार जो A पर उस समय होगा जबकि यह बिन्दु A' स्थिति में पहुँच जाए, इतना ऊँचा नहीं रहेगा जितना कि वह यहाँ तब था जबकि यह A स्थिति में था। इसी प्रकार वह उच्च ज्वार जो बिन्दु A' पर उस समय होगा जबकि यह स्थिति A में पहुँच जाए वह ज्वार उसी स्थान पर पहले उच्च ज्वार की अपेक्षा अधिक ऊँचा भी होगा। इस कारण से होने वाली दैनिक विभिन्नता की मात्रा प्रायः पर्याप्त होती है। कम से कम स्थानीय रूप में तो यह कई मीटर होती है। यह ध्यान रखना चाहिए कि यह भिन्नता उस समय नहीं होगी जबकि चन्द्रमा भूमध्यरेखा पर उदग्र होता है, क्योंकि तब उसी समानान्तर १८०° की दूरी पर स्थित स्थान ज्वारीय तरंग के उच्चतम भागों के साथ एक ही सम्बन्ध में स्थित रहते हैं।

उच्च ज्वार की ऊँचाई में मासिक विभिन्नताएँ कम उल्लेखनीय (notable) होती हैं। उनमें से एक तो पृथ्वी में चन्द्रमा की दूरी में परिवर्तन होने के कारण होती है। यह दूरी अपनी अधिकतम दशा से लगभग दो सप्ताहों तक कम होती

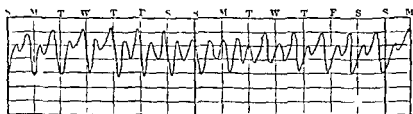



Fig 605

Diurnal inequality of the tides at San Francisco The space between the vertical lines represents a day The several crests of the curves represent high tides and the troughs low tides Successive high tides are seen to be of very unequal heights except at the time when the sun is vertical at the equator

रहती है और तब अपनी न्यूनतम दशा से लगभग उसी समय तक बढ़ती रहती है। पृथ्वी से चन्द्रमा की दूरी में पड़ने वाली भिन्नता ज्वार की ऊँचाई में न केवल

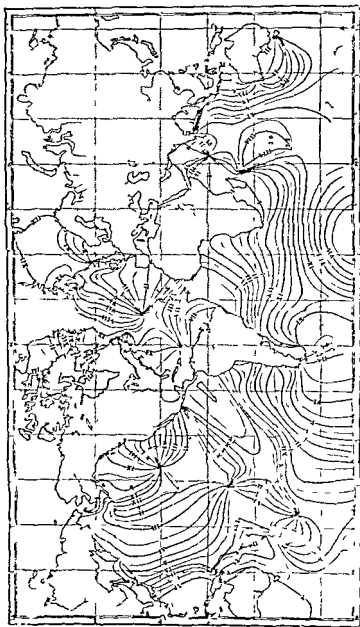



Fig 606
Cotidal lines for the world (Nat Geog Mag, June, 1906)

तरगे करती है। ज्वारीय धाराओ द्वारा द्वीपो के मध्य और जल-संयोजकों (straits—जल-सन्धियो) मे किये जाने वाले अपक्षरण (erosion) का प्रसग पहले आ चुका है। ज्वारीय दलदलो के बीच, जिन तक खाडियो मे होकर ज्वार-भाटे की पहुँच होती है, ज्वारीय घिसाव आने-जाने के मार्गो को खुला रखता है। इसके उदाहरण न्यूजरसी के तट पर पाये जाते है। कुछ खाड़ियों मे ज्वारीय घिसाव गहरे जलमार्गो को भी बनाये रखता है जिससे नाव चलाने मे बडी सुविधा रहती है।

२२

जीवन—तलछट—सम्बन्ध

(LIFE—SEDIMENTS—RELATIONS)

सागर पौधो एव प्राणियो स भरा हुआ है। प्राय सवत्र तल पर एव तल के समीप और उथले जल म नितल पर, जीवो की भरमार है। गहरे सागर के नितल पर भी जीव मिलत ह, यद्यपि वहा जीवो की अधिकता नही होती है, सागर के तल स १०० फैदम नीचे तथा नितल क बीच की मध्यवर्ती विशाल जलराशि मे भी जीव पाये जात है किन्तु वहा उनकी सख्या अधिक नही होती है। यह अनुमान किया गया है कि एक वग किलोमीटर (वगमील) क्षेत्र मे समुद्री जीव उतन ही वग किलोमीटर मे स्थल पर के जीवो स अधिक हात ह, किन्तु फिर भी, सम्भवत समुद्र का एसा कोई एक स्तर नही हाता जहा स्थल के उपजाऊ भागो के तलो की भाति जीव पर्याप्त मात्रा म मिलत हो। मर (Murray) न अनुमान लगाया है कि सागर क जल के सबस ऊपर के १०० फैदम जल म जीवो की कवचो के लाइम कारबोनट का भार लगभग २½ वग किलोमीटर (१ वग मील) मे १६ टन का होता है। यह भार किसी जगली भूमि पर लगभग २½ वग किलोमीटर (१ वग मील) वनस्पति एव जीवो के जीवन क भार की अपक्षा अत्यन्त कम है।

सागरो क जल म स्थित जीवन की अधिकता को अन्य प्रकार से भी दिखाया जा सकता है। यदि महासागर के तल म चाह कही से भी, एक बाल्टी पानी भर लिया जाए तो यह देखा जा सकता है कि उसम सैकडो ही नही बल्कि हजारो छोट छोट जीव विद्यमान होत है, यद्यपि उनम से अधिकाश इतन छोट होत है कि वे कमजोर आँखो स नही देखे जा सकत है।

सागरो के वनस्पति जीवन का वितरण प्राणी जीवन के वितरण से कुछ भिन्न है। सागरो के लगभग सम्पूण तल पर और लगभग ५० फैदम की गहराई तक नीचे नितल पर वनस्पति जीवन की प्रचुरता (अधिकता) होती है। जहाँ परिस्थितियाँ अनुकूल होती है वहाँ यह जीवन कुछ-कुछ कम घन रूप मे लगभग २०० फैदम की गहराई तक नीचे पाया जाता है, किन्तु सम्भवत सूय के प्रकाश की कमी के कारण, कुछ एसी गहराई के नीच इसका अभाव ही होता है।

विभिन्न प्रकार क सागर जीवन के वितरण को प्रभावित करने वाले सबस अधिक महत्त्वपूण भौतिक कारण य है (१) तापमान, और (२) जल की गहराइ। इनक अतिरिक्त अन्य कम महत्त्वपूण कारण—(३) स्वच्छता

(४) लवणता का अंश, (५) शान्ति अथवा खुरदरापन (roughness), और (६) हिम की उपस्थिति अथवा अनुपस्थिति, हैं। विभिन्न प्रकार के जीवनों के आपसी सम्बन्ध भी महत्त्वपूर्ण होते है। उनमे से कुछ भोजन के लिए अन्य जीवो पर निर्भर रहते है, कुछ अन्य जीवों के शत्रु होते है, और कुछ मे एक ही प्रकार के भोजन के लिए होड़ लगी रहती है।

उपर्युक्त कारकों मे से अधिकांश कारक जिस प्रकार से जीवन के वितरण को प्रभावित करते हैं, उसको (वितरण को) शीघ्र ही समझ सकने के लिए वितरण के उन कारकों की तुलना उन कारको से करनी होगी जो स्थल पर के जीवन के वितरण को नियन्त्रित करते है। परन्तु 'जल की गहराई' एक ऐसा कारक है जो स्थल के जीवन के वितरण को नियन्त्रित करने वाले कारको में नही होती है। स्थल जीवन प्राय. स्थल के तल तक ही सीमित होता है, जबकि समुद्र जीवन मे एक विस्तृत उदग्र अन्तर मिलता है। जल की गहराई उन वनस्पतियो एवं जीवों के वितरण को प्रभावित करती है जो तितल पर टिके होते हैं, किन्तु तल पर अथवा उसके निकट उतराने (float) अथवा तैरने वालों के विस्तार पर इसका कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

गहराई का सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण प्रभाव प्रकाश के जल में प्रवेश करने तथा ऑक्सीजन की पूर्ति (supply) के सम्बन्ध में प्रतीत होता है। जल प्रकाश को इतनी शीघ्रता से अपने मे लेता है कि लगभग ५० फैदम की गहराई पर लगभग अन्धकार हो जाता है और इस गहराई से नीचे न के बराबर प्रकाश जा पाता है, और महासागर की विशाल राशि मे अन्धकार का साम्राज्य है। किसी भी प्रकार की वनस्पति जो प्रत्यक्ष रूप से सूर्य के प्रकाश पर निर्भर होती है, अन्धकार में नहीं रह पाती। इसमे सभी प्रकार की हरी वनस्पतियाँ तथा कुछ अन्य वनस्पतियाँ सम्मिलित हैं। सागर के तितल पर भी कोई हलचल नही होती और जितनी भी ऑक्सीजन वहाँ पायी जाती है वह पहले तल के जल मे मिलती है और तत्पश्चात वहाँ से नीचे की ओर पहुँचती है; और जैसे-जैसे जल के जीवो द्वारा प्रयोग मे आती जाती है, वैसे ही वैसे ऊपरी विसरण (diffusion) द्वारा इसकी पूर्ति निरन्तर बनी रहती है; किन्तु यह एक अति मन्द क्रिया होती है।

चूँकि सागर के जीवो अथवा जीवन के वितरण को प्रभावित करने वाले अनेक कारकों में पर्याप्त भिन्नता पायी जाती है, अत. नाना प्रकार के जीवो के वितरण मे भी पर्याप्त भिन्नता मिलती है। कुछ जीव, जैसे कि मूंगे के कीडे, उन ओष्ण (warm) प्रदेशों तक ही सीमित होते है जहाँ जल उथला, स्वच्छ और सामान्यत: खारी होता है, जबकि अन्य जीव, जैसे कि ह्वेल्स, सील आदि (मछलियाँ) केवल शीत जल में ही पाये जाते है। इनके अतिरिक्त अनेक अन्य जीव तापमान के विशाल अन्तरों के साथ-साथ स्थान-स्थान पर फैले हुए है।

सागरों का वनस्पति जीवन अक्षाश के साथ स्थल के वनस्पति जीवन तथा सागर के जीवधारियो के जीवन की अपेक्षा कम परिवर्तित होता है।

सागर का जीवन अनेक बातों में स्थल के जीवन के साथ अति विरोधी होता है। उदाहरण के लिए, हम स्थल के जिन पौधों से परिचित हैं उनमें से अधिकांश की स्थिति निश्चित है जबकि सागर के अनेक पौधे तैरते रहते हैं। स्थल पर के अधिकांश जीवधारी इधर उधर घूमने फिरने के लिए स्वतन्त्र होते हैं, किन्तु सागर के जीवों का एक अति विचारणीय अनुपात जीवन के अधिकांश काल में स्थिर ही रहता है, मूँगे के कीड़े, मण्डावर (barnacles) प्रदशभुज (crinoids) आदि इसके उदाहरण हैं। इनके अतिरिक्त अनेक अन्य जीव यद्यपि स्थिर नहीं होते हैं तथापि इधर उधर जाते भी नहीं हैं, वे या तो नितल पर पड़े रहते हैं या उसके नीचे बिल खोदते रहते हैं। इसके विपरीत, कुछ जीव ऐसे भी होते हैं जो इधर से उधर को चलते रहते हैं, जैसे तल के जल में रहने वाले अधिकांश जीव, इसे जीवन को तलीय जीवन (pelagic life—तलप्लावी जीवन) कहा जाता है।

महासागर के नितल पर जल का दबाव अति विशाल है, किन्तु वहाँ पर रहने वाले जीव इस दबाव को सहन कर लेते हैं क्योंकि उनके तन्तु (tissues) समान उच्चदाब की स्थिति में तरल पदार्थों (liquids) से भरे होते हैं और ये उच्च भीतरी दबाव बाहरी दबाव को सन्तुलित कर देते हैं। यदि कोई जीवधारी गहरे सागर के नितल से अचानक ही एकदम तल पर लाया जाए तो वह शीघ्र ही फट जाएगा। गहरे सागरों से जीवों को ऊपर उठाने में वास्तव में ऐसा तब भी हो चुका है जबकि उनको ऊपर लाने की क्रिया किसी भी प्रकार आकस्मिक न थी।

गहरे सागरों में रहने वाले प्राणियों की कुछ उल्लेखनीय विचित्रताएँ होती हैं। कुछ अन्धे होते हैं किन्तु कुछ की आँखें होती हैं जिनसे वे देख सकते हैं। यह कल्पना की गयी है कि जानवरों की स्फुर दीप्ति (phosphorescence—अनेक प्रकार के रंग) स्वयं उनको प्रकाश प्रदान करती है। गहरे सागरों के जीवों में से कुछ जीव सजे हुए होते हैं यह एक ऐसा तथ्य है जिसकी कोई तर्कसंगत व्याख्या समझ में तब तक नहीं आती है जब तक कि उस सजावट (ornamentation) को देखा न जाए।

सागर के जल में प्राणी जीवन के समस्त महान समूहों के उदाहरण मिलते हैं। दूध चूसने वाले व जीव भी जिनका खून गरम होता है (warm blooded mammals) (जैसे ह्वेल्स नरोल्स सील्स वालरस आदि), बर्फ की तैरती हुई चादरों (ice floes) एवं बर्फ के खण्डों (ice-bergs) के बीच के शीतल जल में भी अधिकता से पाये जाते हैं। इन जानवरों में से कुछ जैसे कि सील और वालरस अपना सब समय जल में ही व्यतीत नहीं करते हैं, वरन वे प्रायः तैरती हुई बर्फ के खण्डों (ice floes) के ऊपर अपने को गरम करने और धूप में सेंकने के लिए सरक आते हैं। जीवधारियों की इस उच्चतम श्रेणी (mammals—स्तनी) से लेकर निम्नतम श्रेणी के जीवों तक प्राणी जगत का प्रत्येक महत्त्वपूर्ण उप विभाग (sub-division) जल में पाया जाता है यद्यपि कोई भी पक्षी अपना सम्पूर्ण समय जल में नहीं बिताता है। वनस्पति जगत की विभिन्नताएँ भी महान होती हैं,